

**UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTTOYA**

Facultad de Ingeniería y Gestión



**PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA TURBINA  
HIDROCINÉTICA, PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA, EN EL STAFF ACHOMA. AREQUIPA – 2020**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Presenta los Bachilleres:

**JUAN PERCY PINTO MEDINA  
JUAN JOSÉ FIGUEROA TTITO**

**Presidente: Fernando Gonzalo Villarán De La Puente**

**Asesor: Oscar Alberto Gallegos Llerena**

**Lector: Jonatán Edward Rojas Polo**

**Lima - Perú**

**Abril del 2021**

## **DEDICATORIA**

Con toda humildad que de mi corazón puede desprenderse, dedico primeramente mi trabajo a Dios, que me ha dado fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hijos Gerson & Fahel, que vean, que con esfuerzo todo se puede lograr y nunca es tarde para llegar, sino que es un comienzo desconocido de un reto a vencer.

Juan Pinto Medina

Queridos padres: Sin su trabajo, sin su sacrificio, sin su confianza... hoy yo no estaría celebrando esta tesis. La dedico a su esfuerzo y valores.

A mi querido Joaquín que, gracias a su luz, di un paso mas en los desafíos de mi vida

Juan Figueroa Ttito

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, Gracias a Dios por ser nuestra guía, a Jesús por ser nuestra inspiración y modelo a seguir, la virgen María el más grande ejemplo de amor en este mundo, Sor Ana de los Ángeles guía espiritual y camino

Juan Pinto Medina

Gracias a mis padres y esas personas importantes, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poco de todo lo inmenso que me han otorgado, simplemente gracias por ser mis padres.

Juan Figueroa Ttito

## **RESUMEN**

Esta investigación se enfoca en la realización de una propuesta que involucraría el desarrollo de comunidades andinas y el aporte frente a la lucha sobre la contaminación. La participación de esta investigación en el desarrollo de comunidades alejadas en nuestro país, es el estudio de la implementación de una turbina hidroeléctrica de tamaño suficiente para producir energía eléctrica sustentable en favor de estas comunidades. La investigación en parte es descriptiva y exploratoria, la metodología que se utiliza para la recolección de datos es la entrevista a dos miembros importantes del staff Achoma, público objetivo de este estudio, este staff está conformado por Autocolca y la Escuela Taller Colca. Después de la observación se conoce que las características del canal son óptimas, ya que tiene un ancho de 1.8 metros y una profundidad de 1.5m, lo que hace el caudal sea mayor a los 2.6 m<sup>3</sup>/s se recomienda el uso de una turbina que genera hasta 363 mil kwh, suficiente para cubrir la demanda de 65 mil kwh del staff, por ese enfoque se considera viable técnicamente. En cuanto a lo económico, esta propuesta es también viable porque se logra un VAN de S/933,16.64 y una TIR por encima de la tasa de descuento.

Palabras clave: Turbina hidrocínética, canales de riego, producción sustentable

## **ABSTRACT**

This research focuses on the realization of a proposal that would involve the development of Andean communities and the contribution to the fight against pollution. The participation of this research in the development of remote communities in our country is the study of the implementation of a hydroelectric turbine of sufficient size to produce sustainable electrical energy in favor of these communities. The research is partly descriptive and exploratory, the methodology used for data collection is the interview with two important members of the Achoma staff, the target audience for this study, this staff is made up of Autocolca and the Colca workshop school. After observation, it is known that the characteristics of the channel are optimal, since it has a width of 1.8 meters and a depth of 1.5m, which makes the flow greater than  $2.6 \text{ m}^3 / \text{s}$ , the use of a turbine that It generates up to 363 thousand kWh, enough to cover the demand of 65 thousand kWh from the staff. This approach is considered technically feasible. Economically, this proposal is also viable because it achieves a NPV of S / 933,16.64 and an IRR above the discount rate.

Key words: Hydrokinetic turbine, irrigation channels, sustainable production

## TABLA DE CONTENIDOS

### INTRODUCCIÓN 15

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....	17
1.1. Datos generales del proyecto.....	17
1.1.1. Nombre del proyecto .....	17
1.1.2. Antecedentes .....	17
1.1.3. Cobertura y localización .....	21
1.1.4. Sector y tipo de proyecto .....	21
1.2. Diagnóstico y problema.....	21
1.2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto .....	21
1.2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema .....	22
1.2.3. Sistematización del problema .....	23
1.2.4. Identificación y caracterización de la población objetivo (beneficiarios) .....	23
1.3. Objetivos .....	23
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos .....	23
1.3.3. Indicadores de resultado .....	24
1.3.4. Matriz de Marco Lógico .....	24
1.4. Justificación del proyecto.....	26
1.4.1. Justificación teórica .....	26
1.4.2. Justificación práctica.....	26
1.4.3. Justificación social.....	26
1.5. Delimitación .....	26
1.6. Hipótesis .....	27
1.7. Metodología de la Investigación .....	27
1.7.1. Tipo y diseño de la investigación .....	27
1.7.2. Definición operacional de variables .....	28
1.7.3. Población y Muestra .....	28

1.7.4.	Fuentes de Información .....	29
1.7.5.	Recolección de Datos.....	29
1.7.6.	Procesamiento y análisis de datos.....	29
1.7.7.	Metodología.....	29
<b>CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA .....</b>		<b>31</b>
2.1.	Antecedentes de investigación sobre el tema .....	31
2.1.1.	Internacional .....	31
2.1.2.	Nacional .....	34
2.1.3.	Local .....	37
2.2.	Marco de referencia teórico.....	38
2.2.1.	Energías renovables no convencionales .....	38
2.2.2.	Turbina Hidráulica.....	41
2.2.3.	Selección de turbinas por la potencia, caudal, velocidad de rotación y salto .....	46
2.2.4.	Aspectos Técnicos de la Turbina de Río .....	48
2.2.5.	Criterios para la selección del perfil .....	49
<b>CAPITULO III. PLAN ESTRATÉGICO .....</b>		<b>50</b>
3.1.	Escenario actual.....	50
3.2.	Visión .....	50
3.3.	Misión.....	50
3.4.	Valores.....	51
3.5.	Análisis del entorno.....	51
3.5.1.	Político .....	51
3.5.2.	Económico .....	52
3.5.3.	Socio-cultural.....	53
3.5.4.	Tecnológico .....	53
3.5.5.	Ecológico .....	54
3.5.6.	Legal .....	55
3.6.	Análisis FODA (Diagnóstico Situacional de la Empresa) .....	56
3.7.	Fuerzas de Porter .....	57
<b>CAPITULO IV. DIAGNÓSTICO E INVESTIGACIÓN DE MERCADO .....</b>		<b>63</b>
4.1.	Definición del problema y objetivo de la Investigación.....	63
4.2.	Identificación del producto o servicio .....	64
4.2.1.	Clasificación por su uso .....	64
4.3.	Análisis de la demanda.....	64

4.3.1.	Factores que afectan la demanda .....	66
4.3.2.	Demanda actual.....	66
4.4.	Mercado objetivo.....	67
4.4.1.	Segmentación de mercado .....	68
4.5.	Análisis de la oferta.....	68
CAPITULO V. ESTUDIO TÉCNICO.....		70
5.1.	Características generales del canal .....	70
5.2.	Tamaño del proyecto .....	71
5.3.	Elección del tipo de turbina.....	72
5.3.1.	Factores determinantes .....	72
5.3.2.	Identificación y análisis de las opciones.....	74
5.3.3.	Puntaje y elección .....	83
5.4.	Localización de la turbina .....	83
5.4.1.	Localización con respecto al canal .....	84
5.4.2.	Localización de la turbina con respecto al staff.....	86
5.4.3.	Elección de ubicación .....	91
5.5.	Ingeniería del proyecto .....	95
5.5.1.	Proceso del funcionamiento.....	95
5.5.2.	Requerimientos para la instalación y uso de la turbina .....	100
5.6.	Análisis de pre factibilidad técnica .....	107
5.7.	Diagrama de Gantt.....	108
CAPITULO VI. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....		111
6.1.	Instalación del equipo.....	111
6.2.	Mantenimiento e Inspección .....	113
6.2.1.	Mantenimiento preventivo .....	115
6.2.2.	Mantenimiento Correctivo .....	116
6.3.	Nuevas funciones del personal .....	117
CAPITULO VII. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO.....		119
7.1.	Inversión inicial.....	119
7.2.	Costos anuales .....	120
7.3.	Ingresos .....	122
7.4.	Financiamiento .....	122
7.5.	Criterios de evaluación.....	123
7.5.1.	Valor actual neto y TIR .....	125



7.5.2.	Costo/beneficio .....	125
CAPITULO VIII. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....		127
8.1.	Objetivo del EIA .....	127
8.2.	Base legal .....	128
8.3.	Metodología.....	130
8.4.	Caracterización del ambiente .....	130
8.5.	Identificación y evaluación de impactos .....	132
8.5.1.	Identificación de impactos .....	132
8.5.2.	Evaluación de impactos .....	133
CONCLUSIONES		139
RECOMENDACIONES.....		141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		142
ANEXOS	145	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Marco Lógico.....	25
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	28
Tabla 3. Tipo de turbinas en función de la velocidad específica.....	47
Tabla 4. Tipos de turbinas y sus rangos de trabajo .....	47
Tabla 5. Matriz FODA de la Empresa .....	57
Tabla 6. Cinco fuerzas de Porter.....	57
Tabla 7. Rivalidad entre los competidores existentes.....	59
Tabla 8. Barreras de entrada .....	60
Tabla 9. Barreras de Salida .....	60
Tabla 10. Poder de los compradores .....	61
Tabla 11. Poder de los proveedores .....	62
Tabla 12. Amenaza de los sustitutos.....	62
Tabla 13. Confrontación de factores.....	73
Tabla 14. Especificaciones técnicas.....	74
Tabla 15. Elección de turbina .....	83
Tabla 16. Características del canal en tramos.....	92
Tabla 17. Distancia de los puntos propuestos con respecto al staff.....	92
Tabla 18. Confrontación de criterios de elección de la ubicación de la turbina .....	93
Tabla 19. Ponderación del puntaje de los tramos propuestos para la instalación de la turbina .....	94
Tabla 20. Potencia y otras características de la turbina .....	98
Tabla 21. Abastecimiento .....	99
Tabla 22. Mantenimiento de la turbina.....	99
Tabla 23. Comparación de la potencia requerida con la obtenida con la propuesta.....	108
Tabla 24. Lista del Diagrama de Gantt .....	109
Tabla 25. Diagrama de Gantt.....	110

Tabla 26. Perfil de encargado de Obra .....	112
Tabla 27. Perfil de Obrero .....	113
Tabla 28. Perfil de un inspector .....	114
Tabla 29. Perfil de un Técnico de mantenimiento .....	115
Tabla 30. Inversión en tangibles .....	120
Tabla 31. Inversión inicial general .....	120
Tabla 32. Costos de actividades de mantenimiento anuales (soles) .....	121
Tabla 33. Costos por el personal.....	121
Tabla 34. Costos anuales .....	122
Tabla 35. Ingresos anuales (soles) .....	122
Tabla 36. Financiamiento externo .....	123
Tabla 37. Flujos de caja .....	124
Tabla 38. Indicadores de rentabilidad.....	125
Tabla 39. Costo y beneficios del proyecto.....	126
Tabla 40. Matriz de Significancia.....	130
Tabla 41. Impacto ambiental .....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nubosidad promedio en el Colca .....	19
Figura 2. Velocidad promedio del viento en el Colca .....	20
Figura 3. Staff Achoma.....	21
Figura 4. Metodología de la investigación.....	30
Figura 5. Proceso de transformación de energía.....	40
Figura 6. Proceso de transformación de un fluido en energía .....	41
Figura 7. Rango de funcionamiento de varios tipos de turbina .....	42
Figura 8. Partes de una turbina Hidrocinética.....	43
Figura 9. Tipos de turbinas .....	45
Figura 10. Clasificación de las turbinas hidrocinética:.....	46
Figura 11. Área de Barrido .....	48
Figura 12. Evolución del consumo de energía del staff Achoma .....	67
Figura 13. Distribución de máxima potencia por Sistema.....	69
Figura 14. Ubicación del canal con respecto al Staff .....	71
Figura 15. Turbina Smart free stream.....	75
Figura 16. Curva de potencia del generador .....	76
Figura 17. Turbina turbulent.....	78
Figura 18. Potencia de la turbina con respecto a la velocidad y el desnivel del canal ...	79
Figura 19. Turbina ANDRITZ.....	81
Figura 20. Turbina DIYARTS .....	82
Figura 21. Imagen referencial de la localización de la turbina respecto al canal .....	84
Figura 22. Foto referencial de la medición de la altura del desnivel en el trayecto del canal .....	86
Figura 23. Ubicación de Autocolca y Escuela Taller Colca .....	88
Figura 24. Ubicación del canal con respecto al Staff .....	89
Figura 25. Trayecto de canal por analizarse .....	90

Figura 26. Trayectos del canal por analizar .....	91
Figura 27. Elección de la ubicación de la turbina.....	94
Figura 28. Entrada del agua y formación del vórtice.....	96
Figura 29. Imagen referencial de la generación de energía eléctrica desde la turbina ...	97
Figura 30. Representación de la instalación de turbina .....	100
Figura 31. Estructura de concreto complementaria .....	102
Figura 32. Traslado de la turbina .....	103
Figura 33. Transformador .....	104
Figura 34. Panel de control eléctrico .....	105
Figura 35. Focos fluorescentes del staff .....	106
Figura 36. Focos y su consumo .....	106
Figura 37. Representación del circuito .....	107
Figura 38. Puesto o personal de apoyo para la turbina .....	118



## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la civilización se han creado invenciones para cubrir necesidades, en las ciudades se han construido sistemas que proveen agua potable y luz eléctrica a cada hogar, pero se han dejado de lado las zonas más alejadas, donde prima la agricultura y la ganadería como medios de supervivencia. Alrededor del mundo, se van proponiendo proyectos para llevar servicios básicos a estas zonas alejadas sin la necesidad de acudir a los cables de alta tensión desde las ciudades, uno de estos proyectos es el que se plantea implementar en esta tesis en favor del staff Achoma, donde se encuentra un conjunto de instituciones, como son, una escuela taller que alberga a 60 estudiantes, 15 personas de personal administrativo y Autocolca una institución que brinda alojamiento a un total 92 personas y un hotel con 36 habitaciones.

Existen muy pocas investigaciones acerca de generar energía eléctrica para zonas de difícil acceso. Aun así, muchas empresas ofrecen productos para este tipo de zonas donde lo único aprovechable es la luz del sol, el viento o el agua que fluye de manera natural, entre estas empresas se encuentra una que fabrica turbinas pequeñas que se pueden adaptar a la zona donde se requiera para generar energía eléctrica a partir de la fuerza del flujo de agua que corre por un río, canal o cualquier fuente de agua. La potencia de esta turbina es suficiente para dar luz a más de 300 hogares, además que su vida útil es de más de 50 años, por ello que en esta investigación se tratará de analizar la viabilidad de colocar una de estas turbinas en el canal de agua libre de flora y fauna que se encuentra cerca del Staff Achoma.

Se quiere aprovechar ese recurso hidrológico que tiene el staff cerca para obtener energía eléctrica que no requiera mayor invasión territorial y que sea óptima para el uso que le da esta institución.

En el primer capítulo se presenta la formulación de lo que tratará la investigación, se presenta la base por la que se desarrolla la investigación con la dirección que se les da a los objetivos, la justificación, la metodología que es descriptiva, exploratoria y no experimental.

El segundo capítulo es la presentación de la revisión teórica y la revisión de investigaciones anteriores con temas similares que sirvieron para la formulación de esta investigación. El marco teórico que se utiliza para el desarrollo de los capítulos aparece citado en este capítulo.

En el capítulo tres comienza el desarrollo de la investigación, ya que se presenta un desarrollo de las características de la población objetivo y otros aspectos que envuelven al contexto que se le denomina mercado en esta investigación, como las características del servicio que brinda actualmente y el único ofertante de servicio eléctrico para esta zona. Toda esta información conseguida mediante entrevistas al gerente general del staff colca.

En el siguiente capítulo continua la investigación, con la caracterización y explicación del funcionamiento de la turbina en el canal, para ello se presenta un análisis geográfico de la zona que rodea al canal, las necesidades técnicas que requiere la instalación de una turbina y la elección óptima de la ubicación de esta.

En el capítulo cinco se analiza y presenta la organización del personal y otras actividades referidas a la gestión de la turbina, como los requerimientos de mantenimiento y nuevas funciones del personal encargado.

Para continuar con el análisis de la pre factibilidad de esta propuesta, se presenta una comparación económica de la propuesta con la situación actual, para llegar a identificar si la propuesta reduciría el costo del servicio de energía eléctrica.

Por último, se analiza el impacto ambiental de la propuesta, el que sencillamente se puede concluir como positivo, ya que esta máquina no genera contaminantes y utiliza un recurso natural sin transformarlo o dañarlo, dando un beneficio mayor.



## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO**

### **1.1. Datos generales del proyecto**

#### **1.1.1. Nombre del proyecto**

Pre factibilidad técnico-Económica para la instalación de una turbina Hidrocinética, para la generación de energía eléctrica, en el Staff Achoma. Arequipa – 2020.

#### **1.1.2. Antecedentes**

Desde el comienzo del desarrollo de la civilización se ha visto un gran crecimiento de los métodos para conseguir agua potable. Los romanos utilizaban un método para aprovechar el agua de lluvia en cada hogar, este era recolectar en un pozo el agua de lluvia que caía a lo largo del techo, la cultura Maya en Centroamérica utilizaban pozos de agua que medían 5 metros de diámetro para aprovechar el agua de lluvia (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006), en el caso del distrito de Achoma, al ser un distrito alejado de la ciudad, en sus inicios optaron por construir canales de regadío para hacer llegar agua a los cultivos, porque Achoma es un distrito altamente agrícola.

Por otro lado, la iluminación de los hogares y las calles, tuvo un comienzo simple, desde los inicios del hombre, la oscuridad de la noche represento una debilidad, sin embargo, con la evolución del hombre, aparecieron nuevos y mejores inventos para cubrir este problema y hasta se expandió para otros usos, comenzaron con el fuego para obtener luz mediante el uso de velas dentro de los hogares, luego, el recorrido de la investigación para generar energía comienza con la primera batería capaz de producir corriente eléctrica hecha por Alejandro Volta en el año 1800, para luego seguir

investigando y lograr la primera pila que produce corriente continua. En 1823 Ampere, logra un avance, estableciendo que la fuerza electromotriz se origina por la tensión y la corriente eléctrica, investigaciones posteriores sirvieron para conocer mejor la corriente eléctrica, sin embargo, el siguiente paso significativo fue el descubrimiento de Alva Edison sobre la lámpara incandescente con un filamento de algodón que permaneció encendido por 44 horas, sin embargo las lámparas que conocieron la generación de los milenials fue la que tenía un filamento de tungsteno de 100 w (Pura C, 2004). Ahora la energía eléctrica dio un gran paso, ya que, gracias a las invenciones, se puede utilizar la fuerza eólica para producir energía, algunos países también han desarrollado herramientas para generar energía eléctrica a través de la fuerza de las olas del mar, gracias a las centrales hidroeléctricas, la mayoría de la población hoy cuenta con energía eléctrica.

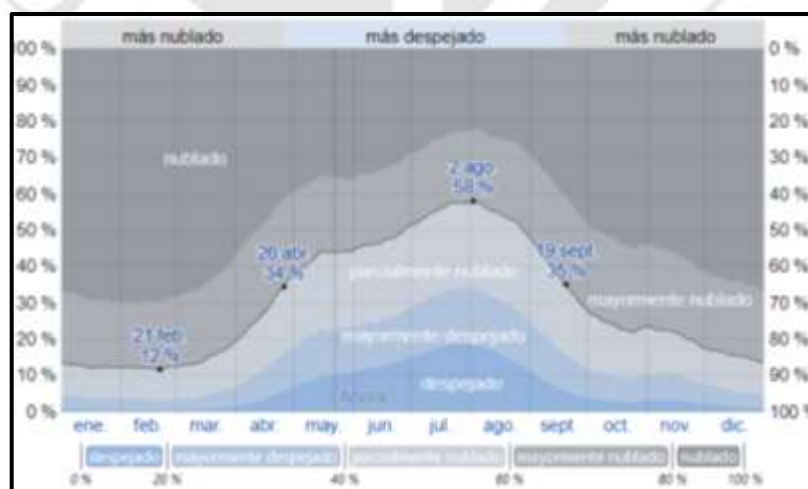
Los canales de riego o simples cauces naturales de agua pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica, para lo cual se utilizan diferentes tipos de turbinas adaptadas a las necesidades especiales de caudal y longitud que se presentan en cada caso. Se han hecho diversos estudios para el diseño de este tipo de turbinas, encontrándose basta información teórica y cálculos matemáticos para su fabricación; pero se adolece de proyectos para su aplicación práctica, ya que deberá evaluarse in situ la pre factibilidad técnica y económica de la instalación para cada caso en particular, lo cual implica un amplio espectro de conocimientos de ingeniería y finanzas para su puesta en marcha.

El presente estudio pretende realizar una comparación de los diferentes tipos de turbinas, comparando sus características técnicas y la adecuación de estas para el canal de riego del Staff Achoma, que se encuentra ubicado en la ciudad de Arequipa en el valle del Colca en el distrito de Achoma. Se deberá asimismo tomar en cuenta puntos importantes como el caudal a lo largo del año, la elección del sitio adecuado para su máximo aprovechamiento, las instalaciones necesarias para su instalación, el equipamiento complementario para el almacenamiento y traslado de la energía y por último el impacto económico, social y ambiental que esto generará.

El Staff Achoma consta de las siguientes instituciones: Autodema, Autocolca y Escuela Taller Colca. Autodema cuenta con oficinas administrativas y no es considerada

inicialmente como beneficiaria del presente proyecto, ya que se encuentra en un proceso de reestructuración, pudiendo unirse posteriormente si así lo desea; Autocolca tiene oficinas administrativas y un hotel con capacidad para aproximadamente 80 personas; la Escuela Taller Colca, cuyos beneficiarios son 78 personas (60 estudiantes y 18 administrativos y docentes). La Escuela Taller Colca, es un proyecto de cooperación para el desarrollo, con la finalidad de capacitar jóvenes en diferentes oficios productivos y de servicios, con una educación técnica sin fines de lucro. Se cuenta con diferentes talleres de intervenciones arqueológicas, restaurante-bar, albañilería, carpintería; brindando a sus alumnos los servicios de internado, con alimentación completa. Todas estas actividades demandan un consumo energético bastante alto.

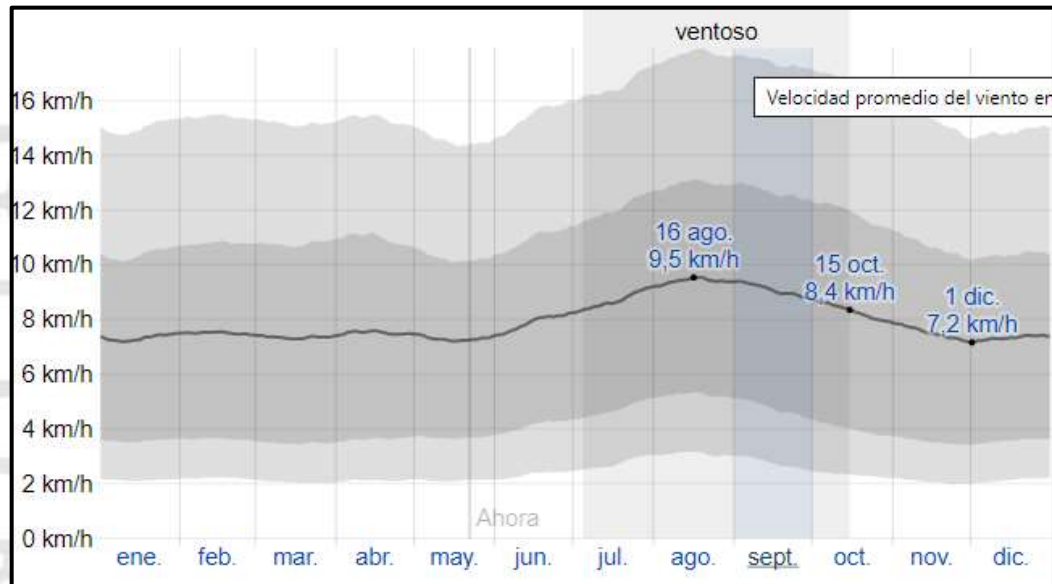
El presente proyecto busca generar una energía limpia, de una manera racional, competitiva y eficiente, de tal manera que pueda ser replicado en diferentes instituciones de la zona y se pueda aprovechar este recurso generando menores costos y contribuyendo en la disminución de la contaminación ambiental por la producción de energía por fuentes contaminantes. Si bien actualmente se cuenta con el servicio eléctrico, este presenta fallos en la continuidad y bajas de potencia. Con la puesta en marcha de una o más pico turbinas para la generación de energía eléctrica pretendemos tener un servicio constante, sin bajas ni caídas de tensión y que permita abastecer a las instituciones de Escuela Taller Colca y Autocolca que se encuentran ubicadas dentro del staff Achoma, y las cuales consumen un promedio **de 700 Kwh mensuales**, con lo que se lograría una estabilidad del servicio y adicionalmente el ahorro de dinero.



**Figura 1. Nubosidad promedio en el Colca**

Fuente: weatherspark.com

No se ha considerado el uso de paneles solares, pues como vemos en la figura 1, la nubosidad en la zona es bastante elevada en el transcurso del año, por lo que la zona no se vuelve apropiada para el uso de esta tecnología.



**Figura 2. Velocidad promedio del viento en el Colca**

Fuente: weatherspark.com

Si pretendiéramos usar aerogeneradores, la velocidad del viento mínima para su funcionamiento es de 11 Km por hora, y vemos que inclusive en su pico más alto, no se alcanza esta velocidad en la zona, de igual manera del tope de producción máxima que es requerida 47 Km por hora promedio.

Los promotores del proyecto, pretenden utilizar los conocimientos adquiridos durante su formación profesional en ingeniería Industrial y aplicar las herramientas y conocimientos correspondientes como son: diagramas causa efecto, diagrama PERT, determinación de tamaño y localización mediante matrices, ingeniería del proyecto (evaluación técnica), evaluación económica y evaluación ambiental.



**Figura 3. Staff Achoma**

Fuente: imágenes proporcionadas por la dirección general de la Escuela Taller Colca

### **1.1.3. Cobertura y localización**

La presente investigación se desarrollará en el Staff Achoma, que se encuentra ubicada en el distrito de Achoma, en el departamento de Arequipa, y se evaluará el potencial energético del canal de riego que pasa cerca de él.

Cobertura: Staff Achoma

Localización: Distrito de Achoma.

### **1.1.4. Sector y tipo de proyecto**

Sector: industrial

Tipo de proyecto: estudio de pre factibilidad.

## **1.2. Diagnóstico y problema**

### **1.2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto**

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la factibilidad Técnico - Económica para la instalación de una turbina Hidrocinética, para la generación de energía eléctrica, logrando así beneficiar a la población que conforma el staff de Achoma, la cual está constituida por, Autocolca que posee oficinas

administrativas y un hotel con capacidad para aproximadamente 80 personas; la Escuela Taller Colca, cuyos beneficiarios son 78 personas (60 estudiantes y 18 administrativos y docentes).

Hoy en día esta población cuenta con el servicio eléctrico, sin embargo, este presenta fallos continuamente, con respecto a la potencia. Con la instalación de esta turbina para la generación de energía, se podría obtener un servicio constante, sin bajas ni caídas de tensión y se lograría abastecer a las instituciones que se encuentran ubicadas en el Staff Achoma, las cuales consumen un promedio de 700 Kwh mensuales, con lo que se lograría una estabilidad del servicio y adicionalmente el ahorro de dinero.

En la actualidad, se puede contar con diversas tecnologías que buscan aprovechar la energía hidráulica, algunas de estas opciones, causan efectos negativos mínimos al ambiente.

Las centrales hidroeléctricas, son las que hacen uso de esta energía Hidrocinética, pero requieren de la construcción de presas, tuberías, túneles, canales y otros. Lo que significaría que el ambiente donde será instalada, sufrirá de algún tipo de alteración. Sin embargo, la opción de instalar una turbina Hidrocinética, no requiere que haya una gran modificación del ambiente o el flujo del río, es una opción eco amigable y que acarrea una mínima inversión.

### **1.2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema**

La problemática detallada previamente puede ser solucionada mediante la instalación de una o más turbinas hidrocinéticas en la zona del Staff de Achoma. Por otro lado, el problema que se identifica es, que, si bien existen propuestas para el uso de las turbinas Hidrocinéticas, en la actualidad no se han desarrollado dichos proyectos, lo que refleja un déficit de atención a este tipo de propuestas que podrían brindar energía a los poblados que, por su ubicación y lejanía, no cuentan hoy con el servicio de electricidad.

### **1.2.3. Sistematización del problema**

En el departamento de Arequipa no se han llevado a cabo proyectos que planteen la instalación de turbinas Hidrocinéticas, sin embargo, se han realizado estudios previos que garantizan los beneficios de la instalación de una turbina Hidrocinética, puesto que no ocasiona daños al ambiente y requiere de una mínima inversión si lo comparamos con la instalación de una central Hidroeléctrica, la cual necesitaría de una inversión en la construcción de una central, el traslado y su distribución.

### **1.2.4. Identificación y caracterización de la población objetivo (beneficiarios)**

El proyecto busca beneficiar principalmente a la población que conforma el Staff Achoma, el cual consta de las instituciones de Autocolca y Escuela Taller Colca. Autocolca tiene oficinas administrativas y un hotel con capacidad para aproximadamente 80 personas. Por otro lado, la Escuela Taller Colca, cuyos beneficiarios son 78 personas (60 estudiantes y 18 administrativos y docentes), y brinda talleres de intervenciones arqueológicas, restaurante-bar, albañilería, carpintería; brindando a sus alumnos los servicios de internado, con alimentación completa. Todas estas actividades demandan un consumo energético bastante alto.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la pre factibilidad técnico-económica para la instalación de una turbina Hidrocinética para la generación de energía eléctrica en el Staff Achoma.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar una evaluación de la situación actual del staff Achoma, su demanda de energía eléctrica y la oferta de la empresa
- Evaluar la factibilidad técnica la elección de turbina, determinar su ubicación y requerimiento técnicos

- Proponer cambios complementarios en la organización para el funcionamiento de la turbina
- Evaluar económicamente la implementación del sistema de generación eléctrica con energía hidrocínética en su totalidad.
- Realizar la evaluación del impacto ambiental generado con la producción de energía limpia proporcionada por la turbina.

### **1.3.3. Indicadores de resultado**

Un estudio de prefactibilidad para determinar la viabilidad técnica – económica para la instalación de una turbina Hidrocínética, para la generación de energía eléctrica, en el Staff de Achoma.

### **1.3.4. Matriz de Marco Lógico**

A continuación, se plasma el marco lógico del proyecto a realizar, definiendo el fin, propósito, componentes y actividades del proyecto.



**Tabla 1. Marco Lógico**

	<b>Jerarquía del objetivo</b>	<b>Indicadores verificables</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos importantes</b>
<b>Fin</b>	Instalación de una turbina Hidroeléctrica.	Clasificación y tipos de turbinas Hidrocinéticas	Estudios de investigación y fichas bibliográficas	Encontrar los requisitos y proyectos de diseño de turbinas Hidrocinéticas.
		Beneficios de la instalación de una turbina eléctrica	Investigaciones realizadas por privados o entes públicos	Acceso a las investigaciones realizadas por entes públicos o privados.
		Porcentaje de energía que produce una turbina Hidrocinética.	Estadísticas y Fichas técnicas de la maquinaria.	Análisis de las fichas técnicas de cada tipo de turbina.
<b>Propósito (objetivo general)</b>	Desarrollar un estudio de prefactibilidad para la Instalación de una turbina Hidrocinética, para la generación de energía eléctrica, en el staff de Achoma.	Poblados que cuenten con una o varias Turbinas Hidrocinéticas.	Reportes brindados por el Ministerio de energía y minas.	Acceso libre a las publicaciones del Ministerio de Energía y Minas.
		Estadísticas de los poblados que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en la actualidad.	Diarios públicos y publicaciones de Osinergmin.	Acceso a las publicaciones del último año.
<b>Componentes (objetivos específicos)</b>	Realizar un diagnóstico de las condiciones físicas del canal de riego y determinar la mejor ubicación para instalar la turbina.	Verificar el nivel del caudal de riego a lo largo del año.	Verificar las estadísticas que informen las estimaciones del caudal de agua	Verificación de las características del caudal.
	Evaluar las especificaciones técnicas de los diferentes tipos de Turbinas	Verificar las fichas técnicas y descripciones de cada tipo de turbina	Máquinas disponibles en el mercado	Materiales y equipos disponibles en el mercado.
	Realizar un estudio de impacto ambiental	Lista de parámetros de medición del impacto ambiental	Matriz de Significancia	No se hará ningún daño o modificación negativa al ambiente.
	Realizar un estudio financiero a fin de conocer la rentabilidad del proyecto y determinar la pre factibilidad	Indicadores financieros: VAN, TIR, B/C	Flujos de caja y estados financieros proyectados	Reducir los gastos por el consumo de energía eléctrica.
<b>Actividades</b>	Recabar información y analizar la documentación sobre el flujo del caudal.	Cantidad de datos obtenidos y procesados.	Entrevista y fichas bibliográficas.	Buena voluntad de los entrevistados e información relevante para el proyecto.
	Recopilar información sobre los tipos de turbinas y determinar cuál es la más conveniente a instalar.	Cantidad de información recabada y analizada.	Entrevista y fichas bibliográficas	Buena voluntad de los entrevistados e información relevante para el proyecto.
	Elaborar parámetros de medición del impacto ambiental del proyecto.	Número de parámetros de medición del impacto ambiental del proyecto.	Lista de parámetros de medición del impacto ambiental del proyecto	Análisis de factores internos y externos.
	Proyectar un presupuesto para la compra o fabricación de una turbina, así como instalación y mantenimiento.	Plazo para realizar el proyecto.	Inversión proyectada para el pago de servicios de energía eléctrica.	Estabilidad económica.

Fuente: elaboración propia (2020)

## **1.4. Justificación del proyecto**

### **1.4.1. Justificación teórica**

El proyecto promueve el conocimiento y desarrollo de energías limpias y renovables, en este caso en específico aprovechando los canales de riego, que resultan ser una fuente inagotable y limpia.

### **1.4.2. Justificación práctica**

El proyecto es de alto interés para el Staff Achoma y propiciado por Escuela Taller Colca, ya que proporcionará de manera directa el conocimiento práctico a los estudiantes y a la comunidad y su réplica en otras instituciones o comunidades aisladas; además representará un ahorro en las facturas de consumo de energía eléctrica.

### **1.4.3. Justificación social**

Es importante mencionar que a pesar de que el Perú cuente con una gran variedad de ríos dentro de su territorio, estos no están siendo debidamente aprovechados y existen una gran cantidad de poblados que por su ubicación se encuentran aislados y carecen del servicio de energía eléctrica o la que llegan a obtener sufre deficiencias en la potencia. El presente proyecto, busca beneficiar a las comunidades aisladas del sistema eléctrico tradicionales, impulsando su desarrollo y que progresen, elevando así, la calidad de vida de la población beneficiaria.

## **1.5. Delimitación**

El presente proyecto se focalizará en el análisis de la prefactibilidad técnico-económico con respecto a la implementación de una turbina Hidrocinética para la generación de energía eléctrica, en el Staff Achoma. Arequipa. En este contexto, su instalación permitiría

abastecer a las instituciones de la Escuela Taller Colca y Autocolca, que se encuentran ubicados en el Staff Achoma.

## **1.6. Hipótesis**

La hipótesis vendría a ser: Es factible técnica y económicamente la instalación de una turbina Hidrocinética para la generación de energía eléctrica para cubrir la demanda del Staff de Achoma, Arequipa.

## **1.7. Metodología de la Investigación**

### **1.7.1. Tipo y diseño de la investigación**

Esta investigación es exploratoria ya que se indaga para reconocer las características del público objetivo y de la turbina que mejor se adapte a su contexto y necesidades, se busca en otras investigaciones situaciones similares para ayudar con la búsqueda de la solución más adecuada. Además, que, por su grado de intervención, esta investigación no es aplicada ya que no se espera a ver los resultados de una aplicación, o teórica porque no se trabaja en un laboratorio solo con la información proporcionada por investigaciones anteriores.

Es descriptiva, porque basa la formulación de su propuesta en la observación de las características de lugar donde se plantea la propuesta y la indagación de las opciones de turbina describiendo sus características funcionales

Se considera por los datos que se recogen, una investigación cuantitativa y cualitativa, ya que se debe recoger información del uso de energía eléctrica por parte del público objetivo, así como las características de sus instalaciones, las características del canal, las distancias, caudal, velocidad que deben ser medidas cuantitativamente.

Por la falta de manipulación de datos, o manipulación de variables es una investigación no experimental, ya que se basa solamente en observar y decidir la mejor propuesta de acuerdo a la realidad del contexto, sin modificar ninguno de sus valores.

### 1.7.2. Definición operacional de variables

Las variables para esta investigación son las siguientes

**Tabla 2. Operacionalización de variables**

<b>Tipo de variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicadores</b>
Independiente	Propuesta de plan de instalación de turbina hidroeléctrica	Es el plan de instalación de una turbina	Tipo de turbina
		hidroeléctrica en el canal de regadío del distrito de Achoma para	Localización de la turbina
		proporcionar energía eléctrica para el staff Achoma	Requerimientos adicionales
Dependiente	Pre factibilidad económica técnica de la instalación de turbina hidroeléctrica	Es la viabilidad económica y técnica que tiene la instalación de una turbina hidroeléctrica en el canal del distrito Achoma para	Costos mensuales por el servicio de energía eléctrica
		proporcionar energía eléctrica al staff Achoma	Capacidad de cubrir la demanda de energía eléctrica de manera óptima y continua

Fuente: elaboración propia

### 1.7.3. Población y Muestra

Dado que es un proyecto cuyo alcance es únicamente el Staff Achoma, se recabará información mediante entrevistas únicamente al director de la Escuela Taller Colca y a los

encargados de mantenimiento del canal de riego para obtener la información relevante y necesaria para la investigación.

#### **1.7.4. Fuentes de Información**

Utilizaremos fuente de información primaria, como son los datos proporcionados por los componentes del Staff Achoma y las entrevistas programadas. Asimismo, como fuente secundaria tenemos información de libros, artículos, tesis; que nos servirán para un conocimiento profundo del tema.

#### **1.7.5. Recolección de Datos**

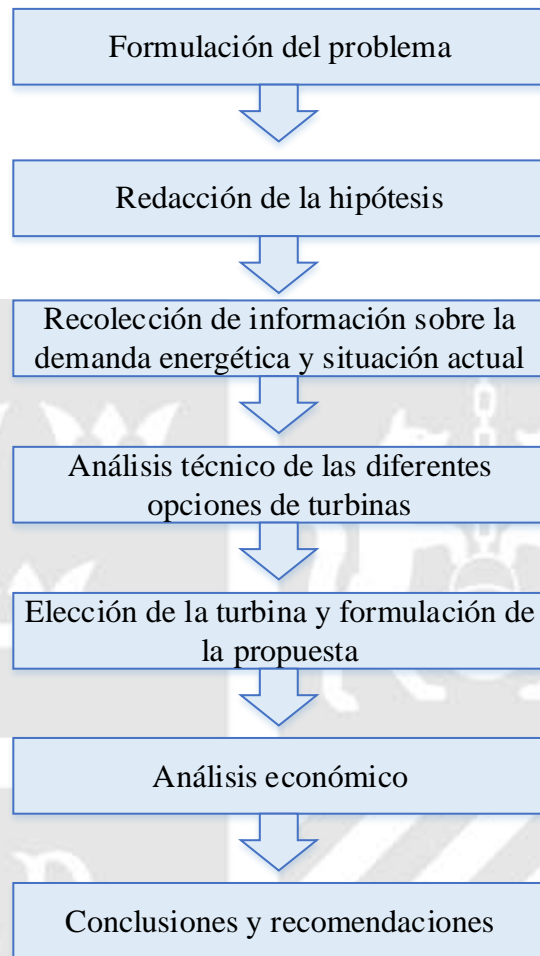
Para el levantamiento de la información sobre el público objetivo, en este caso el Staff Achoma, se utilizará la entrevista como herramienta de recolección de información, esta será hecha al director de la Escuela Taller Colca, cuya guía de entrevista se encuentra en el anexo 2 y para conocer más acerca de las instalaciones se hará una entrevista al arquitecto de Autocolca (anexo 3)

#### **1.7.6. Procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de la información obtenida y los datos recabados, utilizaremos el software Microsoft Office, tanto MS Word para la estructuración e informe final; MS Excel para realizar las tablas y tratamiento de la información numérica; para los gráficos y herramientas de ingeniería industrial utilizados utilizaremos MS Visio y MS Project.

#### **1.7.7. Metodología**

La metodología que seguirá la investigación se presenta en la siguiente figura.



***Figura 4. Metodología de la investigación***

Fuente: elaboración propia

## **CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes de investigación sobre el tema**

#### **2.1.1. Internacional**

**Estudio de viabilidad sobre la instalación de pico turbinas hidrocinéticas en canales abiertos del sistema de riego de la Huerta de Murcia.** Proyecto de tesis para obtener el grado en ingeniería mecánica por Jorge Martínez Reyes; presentado a la Universidad politécnica de Cartagena, escuela técnica superior de Ingeniería Industrial, en el año 2019.

Este estudio busca determinar la idoneidad técnica y viabilidad económica para la instalación de una picoturbina hidrocinética, lo que lleva consigo el diseño de la instalación y del rotor hidrocinético, también incluye un modelo CAD 3D. El proyecto también contempla la velocidad de flujo en la ubicación para medir la energía cinética disponible. Se realiza asimismo cálculos hidráulicos, mecánicos y se determina la rentabilidad del proyecto.

Entre sus conclusiones, se recomienda la implementación de la picoturbina, ya que es viable técnica y económicamente su instalación. Se destaca que, en base a la investigación literaria, el campo de las turbinas hidrocinéticas para la generación renovable está aún en fase de despegue, por lo cual se necesita aún mucha mayor investigación (Martinez, 2019)

**Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca,** es el título de la investigación que se hizo en Cuenca Ecuador, en ella se hace un análisis completo de lo que implicaría

levantar una hidroeléctrica a menor escala que produciría energía para un PTAR, para ello investiga sobre los parámetros necesarios para su construcción, hace también un análisis técnico económico de su propuesta. En el desarrollo de esta validación, hace un análisis técnico del requerimiento físico del cauce como el caudal del agua y el salto geodésico, que viene a ser del desnivel que puede tener el trayecto del río para ser aprovechado por el generador. Otro punto precisamente es la elección del generador, el que se observa de acuerdo al nivel de voltaje que tiene, la potencia a generar, el número de revoluciones, tipo de acoplamiento entre turbina y generador. La conclusión final es positiva a que la propuesta es viable económicamente y técnica, arrojando un VAN positivo trabajando con supuestos diferentes, con cifras brindada por el CONELEC y otro con valores de proyectos similares relacionados a PTAR (Criollo, 2011)

Una investigación revisada que titula **Elaboración e implementación de un software para el diseño de turbina Axial tipo bulbo de hasta 10MW**, hace un análisis amplio de los recursos naturales del Ecuador para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica, trabaja con la idea de la instalación de una turbina Bulbo con una eficiencia de más de 92%, haciendo una revisión de los aspectos que determinan el diseño, como el caudal, altura neta, potencia hidráulica y rpm. También hace una evaluación del desempeño de la turbina de acuerdo a su información de fábrica, esta máquina puede tener una velocidad de hasta 1,200 rpm, las revoluciones que da por lo que obliga a tener un alternador con un gran número de polos, y en consecuencia un gran diámetro. La razón de escoger una turbina de este tipo es que el generador está ubicado en la parte interna del bulbo donde el fluido sirve como lubricante para enfriar al generador a través de las paredes y por la configuración del bulbo disminuye la aérea y con ello se eleva la velocidad del fluido. La elevada eficiencia obtenida en esta turbina también se debe a los perfiles aerodinámicos empleados en su construcción. Con esta investigación se buscaba elaborar e implementar un software para este tipo de turbinas, el cual se validó con el desarrollo del proyecto. Las funciones que tendría este software serían principalmente la selección del tipo de turbina de acuerdo a la altura y al caudal, con ayuda de parámetros más específicos de las turbinas se hará la confirmación de la misma, hará cálculos precisos de las variables, grabar información acerca del proyecto en general (López, 2010)



La investigación titulada **Diseño y construcción de un prototipo de turbina para generación de energía eléctrica en una microplanta**, trata de efectivamente el aprovechamiento de un arroyo que actualmente sufre de desechos de tipo industrial, se hace una comparación turbinas Pelton con las de Hélice para llegar a una elección más apta, se tuvo en cuenta las características de estos dos tipos de turbina de acuerdo a sus manuales y desempeño en grandes plantas, y confrontaron su adaptación para una producción local. Se revisa una serie de especificaciones como el eje de transmisión, el acoplamiento y sobre los elementos necesarios para la instalación de esta máquina. Para concluir la investigación el autor construye un modelo a escala con medidas y valores hallados con la ley de semejanzas con el fin de observar su funcionamiento y optimizar las funciones del software (Orozco, 2011).

La siguiente investigación revisada es la que lleva por título **Solución a la carencia de energía eléctrica que posee el fundo los Chilcos, comuna de La Unión, mediante una microcentral hidroeléctrica**. En esta investigación el autor pone en evidencia el funcionamiento de una microcentral hidroeléctrica que él mismo diseña teniendo en cuenta los componentes, materiales y equipamiento necesario, teniendo en cuenta también el contexto de la zona donde se quiere instalar la microcentral, esta zona es ganadera, agrícola y turística, al final de su propuesta llega definir que el costo de la implementación ascendería a 147,114,642 pesos chilenos. Esta investigación proporciona de un gran contexto teórico sobre el cual se puede trabajar, para la elección más eficiente de la turbina, ya que la población objetivo son similares y el entorno geográfico también, de esta investigación se recoge la vasta investigación sobre las turbinas existente para este tipo de proyecto (Carrillo, 2009).

Otra tesis consultada es la de Palma y Peña (2018) que titula **Diseño de una turbina tipo Kaplan para la generación de energía hidráulica**, que tiene como objetivo principal realizar un diseño para la turbina Kaplan y que sea funcional en zonas rurales, para esto los autores hicieron un extenso análisis de la turbina que mejor se adecúe a las necesidades de las zonas rurales y el potencial de los tipos de turbina con respecto a los parámetros de la

geografía de la zona. Los resultados de la investigación arrojan que esta propuesta trabajaría bajo un salto hidráulico de 10.5 m y un caudal de 0.26 m<sup>3</sup>/s, promueven que el uso de esta máquina sea hecha al 60% de su capacidad para incrementar su vida útil, podría servir para cubrir necesidades de energía eléctrica en zonas alejadas hasta para uso industrial, y sobre el costo de la inversión se estima que llegue a 3,399.00 pesos colombianos siendo el montaje y la ingeniería de diseño los que representan mayores costos.

### **2.1.2. Nacional**

En el ámbito nacional, Mendoza (2017) para optar por el Título de Ingeniero Mecatrónico, presenta su proyecto de diseño de un generador Hidroeléctrico portable para zonas rurales. El autor, analiza la situación actual de aquellas zonas rurales que aún no cuentan con el servicio de electricidad y viendo el impulso que se ha ido dando a las energías renovables, entre las cuales se encuentra la hidroeléctrica, plantea el diseño de un generador Hidrociclónico que cubra estas necesidades.

En el presente trabajo, utilizando el método de la matriz morfológica, se logró diseñar un sistema generador hidroeléctrico portable que aprovecha el desplazamiento de masas de agua en canales como fuente de energía cinética. Empleando para esto, una turbina hidrocínética, la cual adquiere un movimiento rotatorio al paso del fluido con la finalidad de convertir la energía cinética en mecánica. “Asimismo, gracias a un generador de imanes permanentes acoplado al eje de la turbina en movimiento se puede generar electricidad alterna. Luego, esta corriente fue acondicionada para la carga de dispositivos electrónicos mediante un circuito rectificador y un regulador de tensión” (Mendoza, 2017).

Por otro lado, tenemos el trabajo de Guerra (2020), quien plantea el Diseño Mecánico de una Turbina Hidrocínética para generación de electricidad en ríos Amazónicos, poniendo énfasis en la aplicación de la turbina en el río Santiago. Se selecciona este lugar, debido a los reportes de la falta de electrificación en las zonas con menos conexión a la red del país y en las que la mayoría de gente no cuenta con un servicio básico como la electricidad.

Si bien la investigación apunta al diseño total de la turbina, los alcances de esta tesis conllevan a realizar el diseño del rotor, buje y sistema de protección, por lo que, el sistema de transmisión y la selección del generador quedan como trabajo a futuro para la profundización del proyecto que se plantea. Finalmente, “se concluye con el diseño de un rotor de 3 álabes distanciados a  $120^\circ$  con 2.82m de diámetro que cuenta con un rotor de 1.20m de longitud y que operará con una velocidad mínima de 0.77m/s (época de estiaje) y una máxima de 1.9m/s (época de avenidas). Esta generará una potencia de 6.73kW y cumplirá con la demanda anual de la comunidad de Río Santiago con un total de 2445.6kW anual por familia” (Guerra, 2020).

Una investigación que desarrolla un tema similar es la que titula **Diseño de una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán- Región Loreto**, esta investigación se enfoca más en la parte técnica de la turbina, ya que tiene como objetivo hacer el diseño de la misma, primero hace un análisis de la demanda energética de la zona, hace un estudio del río donde se pretende instalar la turbina que es el Río Napo, para después hacer el diseño teniendo como base los principios hidráulicos, utilizando modelos matemáticos, recalando que la transformación de la energía cinética se hace a través del rotor. La elección de la pala y el rotor lo hace después de la comparación de su tipo de función con respecto al caudal. Hace un estudio de la disminución de la huella de carbono y un estudio económico que resulta en un TIR de 3.4% con financiamiento propio y un TIR de 9.1 con financiamiento alterno (Maldonado, 2005)

**Optimización de los factores de operación para mejorar el rendimiento de la picoturbina Michell- Banki.** Es una investigación de tipo experimental que conduce al autor a un resultado positivo sobre la mejora de la potencia, torque y eficiencia. Haciendo una combinación de cuatro factores y dos niveles del funcionamiento de la picoturbina, utilizando un paquete de simulación CFD ANSYS, para obtener los posibles resultados de las combinaciones. Los resultados fueron, para un torque de 1.54 N-m, 4.8 Kw de potencia y 48.2% de eficiencia, hasta un torque de 1.6 N-m, potencia 5.25Kw y 49.5% de eficiencia. Esta investigación ayuda a conocer el proceso de una turbina, y las mejoras técnicas que se

le pueden hacer para obtener mayor beneficio de ella. Es importante conocer la turbina que se vaya a instalar y cada valor que se le puede agregar, para que se tome todo el provecho posible sin comprometer su buen funcionamiento (Mayco, 2014)

Otra tesis revisada es la titulada **Modelo de pico turbina Pelton para generación de energía eléctrica en zonas rurales, que fue trabajada en Huancayo** El presente trabajo de investigación es de tipo básico y nivel correlacional. El objetivo del autor es diseñar una turbina Pelton que haga las mismas funciones que en una hidroeléctrica grande, pero a menor escala, para ello analiza de manera específica los parámetros adecuados para el modelo de pico turbina Pelton para generar energía eléctrica en zonas rurales, haciendo énfasis en analizar el caudal y la altura para calcular la potencia, frecuencia, RPM, tensión de corriente e intensidad de corriente. Estos resultados se llevaron a análisis y comparación con lo planificado y así poder medir la eficiencia. Esta es una investigación experimental y aplicada para el cual se requiere primero la modelación matemática para determinar los valores de las variables independientes y luego la toma de los datos reales en cada una de las localidades rurales, finalmente, se realiza la comparación para comprobar si a través de los cálculos obtenidos podemos determinar los valores de potencia, RPM, intensidad, frecuencia, tensión de corriente y de esta forma aventurarnos para poder utilizar el modelo picoturbina Pelton en cualquier zona rural, para generar energía eléctrica. Esta investigación es importante ya que se hace un análisis muy a fondo de las turbinas que se piensan analizar para esta investigación, con lo que se lograría un mejor análisis y por lo tanto una mejor elección del tipo de turbina para el caso del staff (García, 2017)

Otra investigación consultada es la hecha por Gil (2017), que titula “**Diseño de un módulo de simulación de generación hidroeléctrico utilizando turbinas Pelton y Francis abastecidas por un sistema de recirculación**”. En esta investigación los autores hacen también una comparación de las características y dotaciones de las turbinas Pelton y Francis, para que después se utilicen como herramientas de generación de corriente eléctrica en una pequeña central hidroeléctrica, creando una opción de energía limpia en zonas rurales sin lastimar el medio ambiente y logrando abastecer al total de la población objetivo en estas

zonas rurales. Esta investigación es importante porque hace un análisis estadístico de los diversos aspectos del diseño de las turbinas.

Ventura (2018) en su tesis **Diseño de una turbina hidrocínética sumergible para la generación de energía eléctrica en el caserío Pampa Bernilla, distrito de Salas, provincia Lambayeque**, hace el diseño de una turbina con la que se pueda aprovechar la energía cinética del río Chiñama que tiene un caudal de  $3.1\text{m}^3/\text{s}$  para ello se dispuso a evaluar las características de los álabes y su sistema de control. Utilizó los programas de SolidWorks, AutoCAD y RedCAD para hacer la supervisión de las variables del proceso y su diagrama de instrumentación en el diseño final con tres álabes. Con esto logra según sus evaluaciones cubrir la demanda de 20 años proyectada, para recuperar la inversión en un periodo de 7 años. El VAN resulta 487,455.84 y la TIR 13%.

### **2.1.3. Local**

**Diseño, construcción y optimización de turbinas hidrocínéticas de ríos y canales para la generación de energía eléctrica.** Proyecto de tesis presentado para optar El Grado académico de doctor en ciencias: con mención en ingeniería en energética, por el magíster Luis Rodolfo Rodríguez Bejarano, presentado en la Universidad Nacional de San Agustín presentado en la unidad de posgrado de la facultad de ingeniería de producción y servicios de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa en el año 2018.

Este proyecto se basa en el diseño y construcción de este tipo de turbinas, examinando parámetros de diseño y cálculos matemáticos, además de software de simulación y un prototipo para evaluar su funcionamiento, además como una etapa final realiza un análisis económico para su construcción. Dentro de sus conclusiones se validó el modelo matemático de los parámetros para el diseño y construcción, obteniendo curvas de comportamiento aceptable y perfiles simétricos, además proponen futuras investigaciones para una mejor aplicación del recurso hidrocínética disponible en la región Arequipa y el país, ya que es un proyecto económicamente factible.

## **Generación de energía eléctrica con pequeños complejos de centrales hidráulicas utilizando turbinas lineales horizontales en canales de riego de hasta 1 MW.**

Proyecto de tesis presentado para obtener el grado académico de maestro en ciencias con mención gestión de la energía, por Lishart Jaime, Salazar León; presentado en la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, en la facultad de ingeniería de producción y servicios en el año de 2014.

Este proyecto investiga el potencial energético, importancia y utilidad adicional que se le puede dar a los canales de riego en el Perú, es decir la energía eléctrica utilizando turbinas horizontales o lineales. Tuvo como meta producir energía eléctrica de hasta 1 MW en base a turbinas lineales instaladas innovadora y eficiente.

Entre las principales conclusiones que se obtuvieron de un análisis previo, fue que se puede obtener energía eléctrica mediante turbinas lineales para la atención de zonas no interconectadas de manera total o parcial, constituyendo alternativas financieramente atractivas y viables técnicamente. Estas fuentes representan una fuente de energía renovable limpia y sostenible reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, se desarrolló y probó un prototipo de turbina con éxito, el cual beneficia pobladores de la zona denominada paraíso y comunidades vecinas con el servicio de carga de baterías.

## **2.2. Marco de referencia teórico**

### **2.2.1. Energías renovables no convencionales**

La energía mueve todo en nuestro mundo actual, y gran parte de ella no tiene reposición, para el año 2030 se prevé un crecimiento del 55% de las necesidades energéticas globales, incrementándose la demanda a razón de 1.8 por ciento anual. La generación de energías renovables se incrementará de manera muy apreciable. En la actualidad el aprovisionamiento energía es un problema de todos los países, los investigadores y científicos buscan energías alternativas que sean menos contaminantes y no se agoten como

es el caso de las principales energías que se utilizan hoy en día como el carbón, petróleo, energía nuclear y gas natural; dentro de las principales energías renovables tenemos el viento, la luz y calor del sol, la fuerza del mar, la energía mareo motriz, la masa arbórea, y el agua de los ríos y canales (Roldan, 2013).

#### **a. Canales de riego**

Cuando se trata de canales de riego, generalmente, la movilización del agua se realiza exclusivamente por gravedad y a velocidades más bajas, por tanto, el trazado del canal se hace siguiendo las curvas del nivel del terreno, el trayecto no posee grandes pendientes. Actualmente, estos canales son muy aprovechados, no solamente sirven para el riego, sino también, para la generación de energía hidroeléctrica. Lo más común es que se realice una derivación en bypass en un punto que sea clave del canal, donde se presenten todas las condiciones óptimas para su instalación

#### **b. Energía cinética del agua**

La energía, es la capacidad de hacer trabajo, esto se da cuando un objeto o una sustancia se mueven en una cierta distancia. Por otro lado, también tiene la capacidad de ser un flujo de calor, de un objeto o sustancia caliente, a otra que se encuentre fría, mediante el contacto.

La energía se divide en dos tipos:

- La energía cinética: también denominada la energía del movimiento y acción. El calor es energía cinética compuesta de átomos, iones o moléculas, los cuales, al estar en movimiento debido a la energía cinética, entraran en calor.
- La energía potencial: la que puede ser utilizada para transferirse en energía cinética.

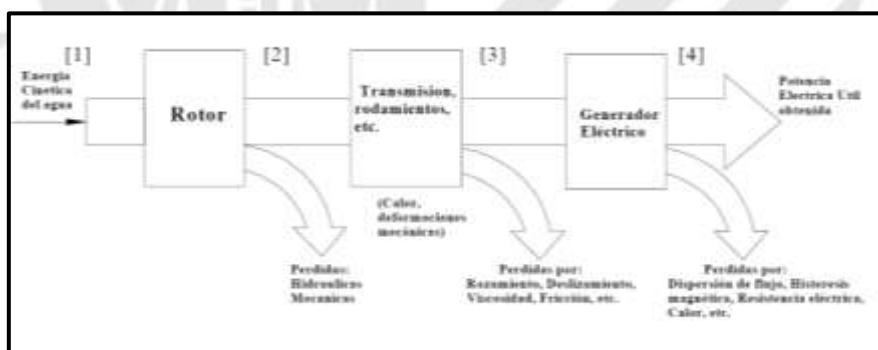
El agua por su parte, contiene también, dos clases de energía, la energía cinética y la energía potencial. La primera, es usada durante la ejecución de algunos procesos, como es

el movimiento, que permite que el agua pueda fluir y puedan moverse las olas. La segunda energía, es aquella que se encuentra almacenada en el agua y no es usada, salvo cuando comienza a fluir y puede ser transferida a energía cinética.

### c. Energía hidrocinética

La generación de energía mediante turbinas hidrocinéticas, se da a través del aprovechamiento de la velocidad de una corriente de agua para producir electricidad. Una de las diferencias que encontramos con respecto a las plantas hidroeléctricas tradicionales, las cuales necesitan de la construcción de una represa, en este caso, no sería necesario tener grandes infraestructuras ni el desarrollo de alguna obra civil, por lo que comprendería un menor costo de inversión, tanto para su operatividad y mantenimiento. Con respecto al impacto negativo que podría tener en el medio ambiente, es algo mínimo.

El proceso de transformación de energía se da desde la absorción de la energía cinética



**Figura 5. Proceso de transformación de energía**

Fuente: Maldonado (2005)

### d. Artefactos hidrocinéticos

Para aprovechar la energía que nos brinda la velocidad de las corrientes de agua, se puede utilizar turbinas hidrocinéticas, para la generación de energía; éstas tienen un potencial enorme, ya que no requieren la fabricación de enormes represas de agua para aprovechar el



potencial de esta almacenada mediante plantas hidroeléctricas, pudiendo instalarse en puntos estratégicos que permitan beneficiar con la generación de energía eléctrica de una manera limpia a zonas que no cuenten con este servicio de manera permanente (Rodriguez, 2018).

La energía cinética se obtiene por la fuerza de la corriente de agua que impulsa las paletas provocando la rotación de la turbina, la cual es multiplicada en la caja de velocidades para proveer el movimiento rotacional deseado por el generador para producir electricidad.

La utilización de turbinas hidrocínéticas para la generación de energía está evolucionando y en la actualidad se encuentran diversos proyectos que realizan pruebas con prototipos que pretenden superar obstáculos a manera de optimizar el funcionamiento en forma matricial y realizar un equilibrio entre el proceso de generación de energía y el impacto que esto genera, ya que existen diferentes tipos de tecnologías que se están aplicando. (Sánchez, 2016)

### **2.2.2. Turbina Hidráulica**

Es un aparato motor que sirve para transformar energía cinética en energía potencial. Aprovechando el uso de un fluido, en este caso el agua, el cual pasa por la turbina hidráulica y produce energía de rotación. Dicha energía dinámica, gracias a un generador que permite su modificación, se logra convertir en energía eléctrica.



***Figura 6. Proceso de transformación de un fluido en energía***

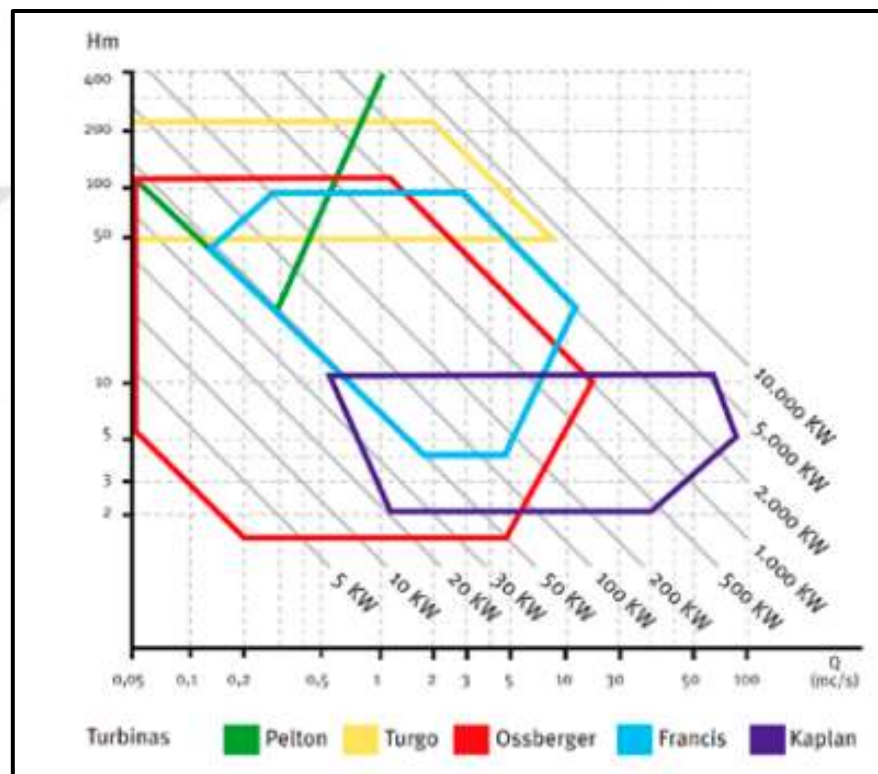
Fuente: elaboración propia.

Para realizar este procedimiento, la turbina debe ser ubicada estratégicamente en un lugar por donde fluye agua o haya una caída de la misma. Cuando este fluido pasa a través del mecanismo de la turbina, las aspas o paletas del rotor sufren una caída de presión que

hace que la turbina gire. A mayor rapidez en la que el agua se transporte, la caída de presión será mayor y la velocidad giratoria más alta. Dicha energía será captada por un generador o una máquina que se encarga de transformar la energía dinámica en energía eléctrica.

Las turbinas hidráulicas, hoy en día, son elementos claves para una central hidroeléctrica, el tipo de turbinas que posean es algo que suele caracterizarlas. Para saber qué tipo de turbina, es la adecuada, en lo que se refiere al tipo y tamaño, debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Salto o desnivel
- Rango de Caudales a turbinar
- Curva de rendimiento
- Coste



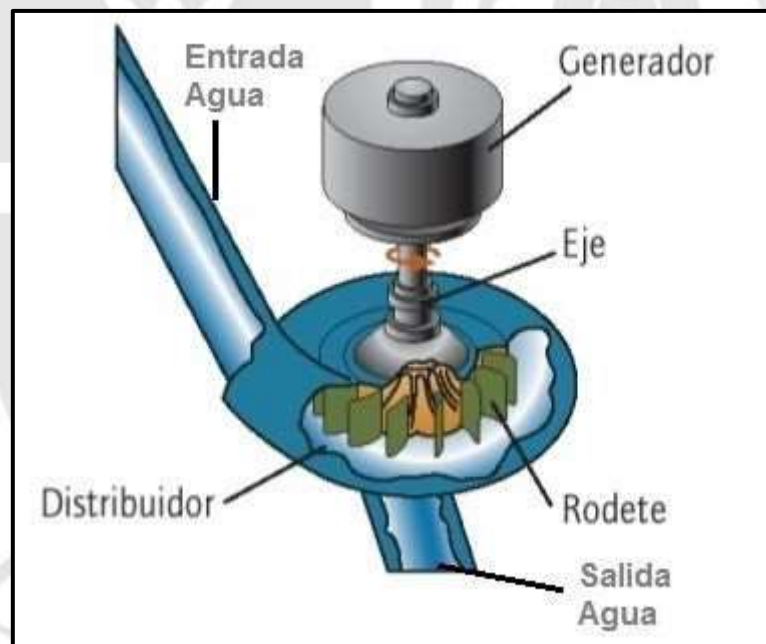
**Figura 7. Rango de funcionamiento de varios tipos de turbina**

Fuente: Guía de aprovechamiento energético de infraestructuras hidráulicas en operación, obtenido de docplayer.es

### a. Elementos generales de las turbinas

En su mayoría, las turbinas Hidrocinéticas comparten la siguiente estructura:

- Tubería de entrada
- Distribuidor
- Toberas
- Eje de la Turbina o rotor
- Difusor



**Figura 8. Partes de una turbina Hidrocinética**

Fuente: área tecnológica.com

### b. Tipos y clasificación de turbinas hidrocinéticas

Existen tres grupos de clasificaciones de las turbinas, dependiendo a distintos factores:

Según la colocación de su eje se clasifican en:

- Horizontal
- Vertical

Según la dirección en que entra el agua:

- Turbinas radiales-axiales
- Turbinas axiales
- Turbinas tangenciales

Según el grado de reactividad:

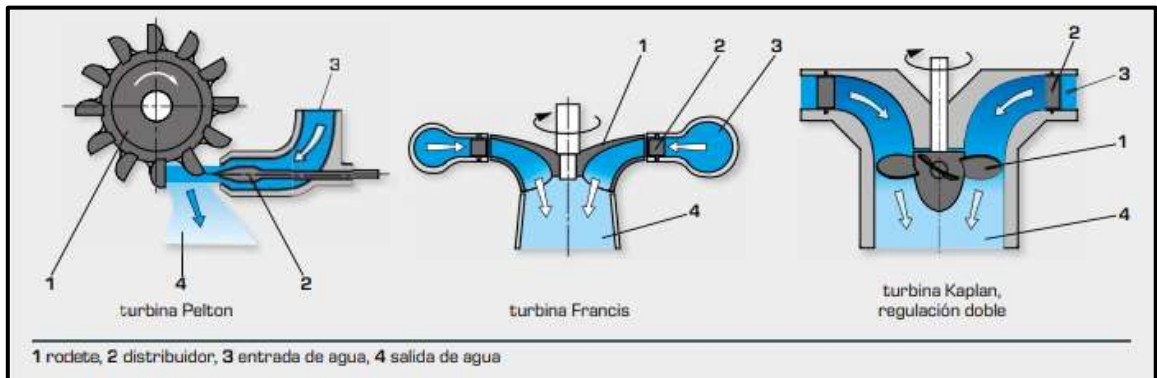
- **Acción:** toda la energía potencial se convierte en velocidad en el distribuidor de flujo. Entre la entrada y salida del rodete no hay caídas de presión. “La turbina de impulso gira cuando un chorro de agua proveniente de una tobera (boquilla) golpea uno de sus cangilones a velocidad muy alta. Una gran proporción de la energía del agua está en forma de energía cinética debido a su velocidad. El chorro no posee ninguna energía de presión, dado que el agua no puede confinarse después de salir de la tobera” (Suescùn Monsalve, 2018). El flujo solo se desvía en el rodete. Ejemplo: turbina Pelton.

- **Reacción:** La turbina de reacción actúa por el agua que se mueve a una velocidad, relativamente baja, pero bajo presión. El agua llega al cuerpo de la turbina (rodete) a través de un sistema denominado de distribución que es totalmente cerrado, tal que la presión debida a la cabeza de la planta se mantiene sobre el rodete” (Suescùn Monsalve, 2018).

La energía potencial es convertida en parte en el distribuidor y en parte en el rodete. En el rodete hay una diferencia de presión entre la entrada y la salida. El flujo es desviado y acelerado en el rodete. Ejemplo: turbina Francis, Kaplan

## **Tipos de Turbinas**

Existen diversos tipos de turbinas que son utilizadas según las características del ambiente



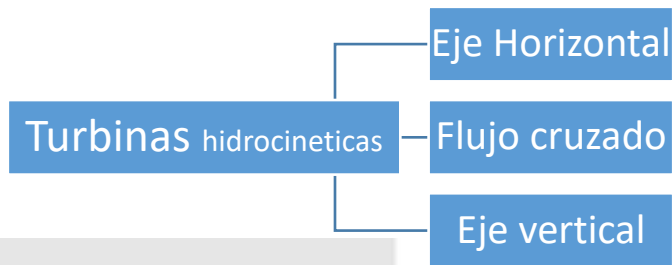
**Figura 9. Tipos de turbinas**

Fuente: Gunt Hamburg (2020)

- Turbina Pelton o Turgo: para saltos muy altos con caudales más bien bajos, de 130m a 2000m, presas, embalses de montaña.
- Turbina Francis para saltos medio y variaciones de caudal moderadas, de 40m a 730m, presas, centrales eléctricas fluviales.
- Turbina Kaplan: para saltos pequeños y caudales medios-altos, de 5m a 80m, centrales eléctricas fluviales.

Estas son las turbinas que son más conocidas en el mercado, pero existen otras. Es por ello, que debe tenerse en cuenta, no sólo los criterios técnicos, sino también deben analizarse los criterios económicos como son los costes de inversión, operación y mantenimiento.

Encontramos tres tipos de ejes dentro de esta clasificación:



**Figura 10. Clasificación de las turbinas hidrocineética:**

Fuente: Tomado de Khan, Bhuyan, Iqbal, & Quaicoe, 2009.

Elaboración propia

### **2.2.3. Selección de turbinas por la potencia, caudal, velocidad de rotación y salto**

En el siguiente punto se establece una especial comparación de los tipos de turbinas, ya que, al ser el principal y único producto a instalarse, se debe prestar atención a sus requerimientos

Las tablas 3 y 4 muestran los tipos de turbinas y sus características de funcionamiento, también su requerimiento de altura para su instalación, en este análisis resalta la turbina Pelton ya que no requiere gran tamaño del flujo de agua

**Tabla 3. Tipo de turbinas en función de la velocidad específica**

Velocidad específica (Ns)	Tipo de Turbina	Altura del salto (m)
Hasta 18	Pelton con 1 tobera	800
18 a 25	Pelton con 1 tobera	600 - 400
26 a 35	Pelton con 1 tobera	400 - 100
26 a 35	Pelton con 2 toberas	800 - 400
36 a 50	Pelton con 2 toberas	400 - 100
51- 72	Pelton con 4 toberas	400 - 100
55 a 70	Francis lentísima	400 - 200
70 a 120	Francis lento	200 - 100
120 a 200	Francis media	100 - 50
200 a 300	Francis veloz	50 - 25
300 a 450	Francis ultra velocísima	25 - 15
400 a 500	Hélice velocísima	Hata 15
270 a 500	Kaplan lenta	50 - 15
500 a 800	Kaplan veloz	15 - 5
800 a 1100	Kaplan velocísima	5

Fuente: Guía de aprovechamiento energético de infraestructuras hidráulicas en operación, obtenido de docplayer.es

**Tabla 4. Tipos de turbinas y sus rangos de trabajo**

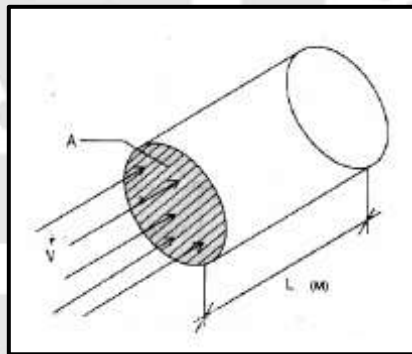
TURBINA	Potencia Unitaria	Q (m/seg.)	N (r.p.m.)	H(altura)
Pelton	1 - 10	1 - 10	1500 - 600	> 400
Francis	1 - 1000	1 - 100	300 - 75	50 - 400
Kaplan	1 - 800	< 50	300 - 75	25 - 100
Hélice	1 - 100	10 - 50	300 - 150	25 - 100
Diagonal	1 - 100	10 - 50	300 - 150	< 20
Generador periférico (Straflo)	5 - 20	1 - 20	75 - 45	< 20
Bulbo	5 - 20	1 - 20	75 - 45	< 20

Fuente: Guía de aprovechamiento energético de infraestructuras hidráulicas en operación, obtenido de docplayer.es

## 2.2.4. Aspectos Técnicos de la Turbina de Río

### a. La energía del agua

La potencia es uno de los parámetros más importantes en el tratamiento de cualquier fuente energética. En este caso, cuando se instala una turbina, lo que se hace es interceptar una cierta cantidad de agua en un área de tamaño “A” que viene a ser el área de la turbina, que también podría llamarse como área de barrido por la máquina.



**Figura 11. Área de Barrido**

Fuente: Maldonado (2005)

En dicha zona se produce la transformación de la energía cinética del agua ( $E_c$ ) en potencia mecánica ( $P$ ), que es entregada a través del eje de la turbina

### b. Potencia suministrada

La potencia suministrada por una Turbina de Río, depende de la superficie barrida por la hélice y, por tanto, de la longitud y del número de palas. La energía cinética del agua, debida a la masa de agua en movimiento es (Maldonado, 2005):



$E_c = (1/2) \times m \times v^2$	$m = \rho \times V$	$V = A \times L$	$L = v \times t$
<p>Donde:</p> <p><math>m</math> = masa del agua, Kg.</p> <p><math>v</math> = velocidad instantánea del agua, m/s.</p> <p>La masa de esta cantidad de agua es:</p>	<p>Donde:</p> <p><math>\rho</math> = densidad del agua, <math>\rho = 1000 \text{ Kg./m}^3</math>.</p> <p><math>V</math> = volumen del cilindro barrido, (<math>\text{m}^3</math>).</p> <p>Pero, el volumen del cilindro es: <math>V = A \times L</math></p>	<p>Donde:</p> <p><math>A</math> = superficie o área barrida, (<math>\text{m}^2</math>)</p> <p><math>L</math> = longitud del cilindro, (m)</p> <p>Además, <math>L</math> es un espacio:</p> <p>Entonces:</p>	<p>Donde:</p> <p><math>v</math> = velocidad del agua, m/s</p> <p><math>t</math> = tiempo, (s)</p>

### 2.2.5. Criterios para la selección del perfil

Los criterios para la selección del perfil a ser utilizados son los siguientes:

- Debe poseer un alto valor de rendimiento aerodinámico, es decir, un buen valor de relación entre los coeficientes de sustentación y arrastre (curva polar).
- Debe poseer un buen comportamiento del coeficiente de sustentación para un amplio rango de valores de ángulos de ataque.
- Poca pérdida de sustentación, más allá del ángulo de ataque crítico en las curvas obtenidas.
- Tomando en cuenta estos criterios, se seleccionará el perfil para su estudio en condición dinámica.

Cumplir con las características mecánicas adecuadas para soportar la fuerza de trabajo al que será sometido, los cálculos de esfuerzos mecánicos necesarios no se incluirán en este trabajo, pero si se realizaron.

## **CAPITULO III. PLAN ESTRATÉGICO**

El presente capítulo describe la situación externa e interna de la empresa, se realiza el análisis de las fortalezas y debilidades a nivel interno de la empresa, la revisión de las amenazas y oportunidades en el ambiente en que se desenvuelve.

### **3.1. Escenario actual**

La empresa plantea la instalación de una hidroturbina para beneficiar a los entes que actualmente conforman el Staff Achoma, mejorando y ampliando el servicio eléctrico con el que cuentan. Este proyecto, plantea el aprovechamiento de los recursos hídricos, sin dañar el medio ambiente.

De llevarse a cabo de forma correcta el análisis y la implementación del siguiente proyecto, permitirá a la empresa cumplir con los objetivos planteados, por ello, es de vital importancia realizar un análisis de la competencia, las necesidades de los usuarios y las preferencias del mercado, para que la propuesta de instalación sea factible.

### **3.2. Visión**

“Ser reconocido como un equipo de trabajo de prestigio, por la calidad de servicio que ofrecemos”.

### **3.3. Misión**

“Nuestra misión es ser la opción correcta para nuestros clientes, enfocándonos en entregar un producto de calidad, que sea perdurable y con el precio justo”.

### **3.4. Valores**

- Calidad
- Puntualidad
- Confianza
- Innovación
- Responsabilidad

### **3.5. Análisis del entorno**

Para llevar a cabo el análisis del entorno Externo de la empresa, se empleará la metodología de análisis PESTEL, el cual, se encarga de estudiar el impacto que tienen aquellos factores externos a la empresa, que podrían afectar a las actividades de la empresa en un futuro. Este conjunto de fuerzas, según el resultado, podrán ser consideradas oportunidades o amenazas. Tiene como objetivos:

- Determinar cuáles son los factores que afectan a la empresa.
- Determinar cuáles son los factores que, en un futuro, podrían modificarse.
- Plantear soluciones (amenazas) o acoplarse a los cambios (oportunidades).

#### **3.5.1. Político**

Perú viene atravesando una crisis política este último periodo de Gobierno, debido a los problemas que existen entre el congreso y el Gobierno. A esto se suma que, aún el país se encuentra en Estado de Emergencia desde marzo, a raíz del brote de Coronavirus, que ya ha dejado gran cantidad de muertos en el Perú, según registros del INEI.

La crisis política se hace más evidente con la renuncia del presidente electo Pedro Pablo Kuczynski en marzo del 2018, por las denuncias de corrupción que tenía en su contra. Su sucesor sería el vicepresidente Martín Vizcarra, quien tuvo el deber de llevar en sus manos la crisis que se estaba desatando, sin embargo, esto empeoró en los últimos meses, las mafias

en el congreso se hicieron más evidentes, y un nuevo problema se desencadenó, la crisis por el COVID-19, la cual dio muestra de la deficiencia sanitaria en el país.

Actualmente, mientras el Perú es considerado el país con mayor letalidad a nivel mundial, con una cifra de sesenta mil muertos en siete meses, surge un nuevo episodio en la crisis política, la destitución del presidente Martín Vizcarra, la cual ha desencadenado malestar en gran parte de la población, los que han realizado marchas en distintos departamentos del Perú, incrementan la incertidumbre del futuro del país y de las próximas elecciones que deberían llevarse a cabo en abril del 2021.

La crisis política que en la actualidad vienen atravesando el país no parece tener una fecha de término, y las elecciones están muy próximas, se están tomando decisiones de forma apresurada, sin proyección a futuro, post pandemia.

### **3.5.2. Económico**

La expansión del Coronavirus COVID-19 ha provocado una crisis económica y sanitaria globalmente, siendo los países que carecen de un buen sistema sanitario, los más afectados.

La crisis generada por la pandemia, hasta agosto del 2020, vaticinaba una caída de entre 14% y 15% del Producto bruto Interno (PBI) nacional a registrarse a fin de año. Otro hecho a resaltar es el alza del dólar, esto se genera por la incertidumbre que tiene Latinoamérica hacia el país. De acuerdo al Banco Mundial (BM), “los hogares peruanos han sido los más afectados con el desempleo y el recorte de sus ingresos, a nivel de Latinoamérica”.

Para la reactivación de la economía del país, se implementaron programas de reapertura económica, como ejemplo tenemos el programa Reactiva Perú, el cual según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), es un programa que garantiza la continuidad en la cadena de pagos y busca brindar las condiciones necesarias para que la empresa lleve a

cabo el reinicio de sus actividades. La reactivación de los sectores económicos es gradual y se debe realizar bajo el cumplimiento de una serie de medidas sanitarias.

FAE MYPE es un programa creado por el gobierno peruano para garantizar la continuidad en la cadena de pagos de Mypes y, así, brindar las condiciones para que estas puedan reiniciar sus actividades.

Destaca en este contexto, la reapertura de los centros comerciales y los diferentes conglomerados, con un aforo limitado y se continúa con la restricción del funcionamiento de centros de recreación.

### **3.5.3. Socio-cultural**

De acuerdo a las últimas cifras brindadas por la Sala Situacional de la Página del Ministerio de Salud, Perú registra 930,237 mil casos en ocho meses, siendo el país con mas casos a nivel mundial.

A partir del primer caso de COVID-19 en el Perú, se han implementado diversas medidas para resguardar la seguridad de los ciudadanos. Iniciando por la declaración de cuarentena nacional a mediados de marzo del presente año, dicha disposición cambió una vez que los casos fueron disminuyendo, pasó a establecerse los toques de queda.

Otra de las medidas tomadas es la prohibición de las reuniones sociales, para ello también se suspendieron las funciones de aquellos negocios que aglomeraban a gran cantidad de personas.

La reactivación de actividades se ha establecido por etapas, para llevar un control de las medidas tomadas y cuáles son sus resultados.

### **3.5.4. Tecnológico**

A pesar de que la pandemia del COVID-19 fue el freno para muchas actividades, para la tecnología a sido todo lo contrario, la crisis abrió las puertas para que se acelere el

desarrollo y el uso de aparatos digitales. Por el lado de las empresas, se han innovado distintas formas de llegar al cliente, sin la necesidad de tener contacto con ellas, ayudando a la reactivación del país. En el caso de los usuarios, ellos han incorporado la tecnología para poder llevar a cabo un nuevo estilo de vida; los hogares se han adaptado para realizar diferentes actividades, cumpliendo la función de una oficina, taller, lugar de estudio, entre otros.

La pandemia ha cambiado para siempre los comportamientos de los consumidores y las formas de comercio tradicional. Según Microsoft, este año ha habido un repunte de 778% en la demanda de sus servicios durante la crisis del COVID-19.

La situación post pandemia, nos da luces de que muchas empresas no vayan a cambiar este tipo de modelos de venta, o la adapten en su modalidad de trabajo antes de la pandemia.

### **3.5.5. Ecológico**

El surgimiento del COVID-19 a generado que varias actividades, tanto industriales y de la vida cotidiana se veán paralizadas, dejando ver el gran daño que el ser humano ha causado en el ambiente; las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas por las actividades de las grandes industrias y ciudades, redujeron considerablemente. La calidad de aire mejoró.

Se incremento el nivel de conciencia sobre el daño ambiental por el que pasa el planeta, se encuentra impulsando medidas de las que ya hace muchos años se hablaban. Según Angus & Westbrook (2020), “Han surgido nuevos modelos de negocio que buscan evitar la generación de desperdicio, para ello se apela a consumidores más éticos, los cuáles abrazan la sostenibilidad, adquiriendo productos de mayor duración” (Angus & Westbrook, 2020).

### 3.5.6. Legal

En la actualidad, el Perú no ha establecido un marco normativo específico para el uso de las energías renovables, pero sí se promueve su utilización a través de algunos proyectos.

Dentro de las normas que tratan el uso del agua y la instalación de un equipo hidráulico, en su mayoría van dirigidas a empresas grandes como son las centrales hidroeléctricas, sin embargo, no prohíben la instalación de microcentrales, siempre y cuando, promuevan el desarrollo de la población y no vulneren el ecosistema donde se plantee ubicar.

Ley N°29338 Ley de Recursos Hídricos, la que tiene como finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, tanto la intervención del Estado y de los particulares. Los artículos a resaltar en son:

El Art.53ª Otorgamiento y licencia de Uso, el cual establece que, para otorgarse el uso del agua, debe cumplirse con lo siguiente (El Congreso de la República, 2017, pág. 18):

1. Disponibilidad del agua solicitada y que sea apropiada para su uso.
2. El caudal posea el volumen de agua disponible que asegure los caudales ecológicos.
3. Que no ponga en riesgo la salud pública y el medio ambiente.
4. Que no se afecte derechos de terceros.
5. Que guarde relación con el plan de gestión del agua de la cuenca.
6. Que el interesado presente el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
7. Que hayan sido aprobadas las servidumbres, así como las obras de captación, alumbramiento, producción o regeneración, conducción, utilización, avenamiento, medición y las demás que fuesen necesarias.

El Artículo 56ª establece que uno de los derechos que se les confiere con la licencia de uso del agua es que estos puedan realizar estudios, obras e instalaciones hidráulicas para ejercitar su derecho de uso.

Con respecto a la aprobación de obras de instalación de una infraestructura hidráulica, la misma ley en su Artículo 104<sup>a</sup> señala que, “la Autoridad Nacional, en concordancia con el Consejo de Cuenca, aprueba la ejecución de obras de infraestructura pública o privada que se proyecten en los cauces y cuerpos de agua naturales y artificiales, así como en los bienes asociados al agua correspondiente. En el caso de grandes obras hidráulicas y de trasvase entre cuencas, la Autoridad Nacional aprueba su ejecución. La aprobación está sujeta a la presentación de la certificación ambiental de la autoridad competente, según corresponda” (El Congreso de la República, 2017, pág. 33).

Ley N°27345 Ley de promoción del uso eficiente de la energía, tiene como objetivo asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de la energía eléctrica, mediante la promoción del uso eficiente de esta.

### **3.6. Análisis FODA (Diagnóstico Situacional de la Empresa)**

Para llevar a cabo el diagnóstico interno y externo de la empresa se empleará el método FODA y así, describir las fortalezas y debilidades de la empresa, y, por otro lado, describir las oportunidades y amenazas del sector y ámbito en el que se desenvuelve.



**Tabla 5. Matriz FODA de la Empresa**

La Empresa “El Huequito” S.R.L.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1: Ubicación cercana a los clientes actuales. F2: Conocimiento de las características del lugar donde se llegaría a instalar la turbina. F3: Conocemos las necesidades de clientes. F4: La empresa cuenta con el conocimiento requerido para la instalación de este tipo de equipos. F5: la empresa ofrece un producto de mejor calidad y mayor capacidad, de acorde a las necesidades de los usuarios. F6: Personal motivado. F7: Conocimiento del mercado.	D1: No todos conocen de los beneficios de la instalación de una hidroturbina. D2: Existen productos sustitutos que pueden reemplazar al equipo ofrecido.
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
La pandemia actual, que ha frenado las actividades empresariales y proyectos. Por lo que el precio de muchos productos ha incrementado. Incertidumbre por la crisis política y económica en el país.	✓ Equipos nuevos que benefician al medio ambiente. ✓ Existencia de políticas que permiten la libre competencia. ✓ Existen clientes potenciales en el mercado que requieren este servicio.
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.	

### 3.7. Fuerzas de Porter

Es un método de estudio muy empleado para la formulación de estrategias en diversas empresas de la industria, debido a que el nivel de intensidad de competencia cambia de una industria a otra. Porter señala cinco fuerzas:

**Tabla 6. Cinco fuerzas de Porter**

Fuerzas de Porter
Rivalidad entre empresas competidoras
Entrada potencial de nuevo competidores
Desarrollo potencial de productos sustitutos
Poder de negociación de los proveedores
Poder de negociación de los adquirientes.

**Fuente:** Elaboración propia.

Este modelo tiene sus bases en que el factor que determina la rentabilidad de una firma es la atractividad de la industria.

Para calcular de forma más precisa el valor de cada Fuerza Porter, se les asignará a cada subfuerza un valor, el puntaje que irá de 1 a 7. Siendo (1) que significa que no tiene valoración para la Fuerza de Porter y la nota (7) significa que posee la máxima valoración.

### **Matríz de Porter:**

- Rivalidad entre los competidores existentes:

A pesar de que existen empresas en el ámbito internacional que se dediquen a ofrecer este tipo de servicios y productos, en el Perú son muy pocas las empresas que vendan este tipo de equipos. Y si es que existe algún negocio que ofrezca este equipo, generalmente, cubren sólo el abastecimiento de una familia.

A nivel nacional, encontramos sólo a estas dos empresas que no llevan mucho tiempo en el mercado, las cuales son:

ProViento S.A.C.

CARAL Soluciones Energéticas

Al no existir muchas empresas en el mercado nacional el nivel de competitividad es reducido y nulo al nivel local, puesto que en el departamento de Arequipa no existe ninguna empresa que ofrezca productos similares. Por tales razones, no se puede hablar de un enfrentamiento de precios o de promociones. Cada empresa posee un grupo de clientes fijos. No suelen realizar campañas de publicidad constante, generalmente la oferta de sus servicios se realiza a travez de los comentarios de los clientes.

**Tabla 7. Rivalidad entre los competidores existentes**

Característica	Calificación	
<b>Crecimiento de la industria</b> En el Perú no existen muchas empresas que ofrezcan servicios de instalación específicas de este tipo o magnitud.	Bajo	2.0
<b>Grado de diferenciación del producto</b> No existen equipos con la capacidad, facilidad de acople a diversos ambientes y que brinde los mismos resultados.	Alto	6.0
<b>Concentración y equilibrio de los competidores</b> No existe una concentración del mercado actual, lo que permite el ingreso de nuevos competidores.	bajo	1.0
<b>Costo de cambio para los clientes</b> La variación que podría presentarse dependerá del tipo de servicio que se esté prestando y los resultados que le entregue al cliente.	bajo	1.0
<b>Identidad de la marca</b> Es importante que la empresa sea símbolo de prestigio, que ofrezca un producto o servicio de calidad, con la finalidad de obtener la fidelidad de los clientes. Nuestra empresa no es conocida aún en el mercado.	baja	2.0
Intensidad de Rivalidad entre Competidores	MEDIA	

**Fuente:** Elaboración propia.

- Entrada potencial de nuevo competidor: Puede presentarse una modificación en el sector debido a la entrada de una nueva empresa. El nivel de amenaza que vayan a representar los nuevos competidores, se encontrará determinada por las barreras de entrada al sector.

En esta fuerza encontramos dos tipos de barreras:

**Tabla 8. Barreras de entrada**

Sub factores	Calificación	
<b>Economías de escala</b> El equipamiento de la empresa dependerá de los trabajos que se vayan a realizar.	Bajo	2
<b>Identificación de marcas</b> Como es un proyecto que se pretende realizar para un consumidor en específico, no es de gran importancia.	Bajo	2
<b>Acceso a canales de distribución</b> En este supuesto si aplica, porque se hará la compra de diversos equipos por una tercera persona para llevar a cabo el proyecto.	Alto	6
<b>Requerimientos de capital</b> Para el presente proyecto se requiere el pago previo de los insumos y materiales, por lo cual deberá contarse con un capital inicial.	Alto	6
<b>Experiencia y efectos de aprendizaje</b> Como en todo tipo de trabajo, se va a requerir que las personas que trabajen en el proyecto, ofrezcan un producto y servicio de calidad a sus clientes.	Alto	7
<b>Regulación de la industria</b> Existe una regulación muy general sobre cómo deben ser llevados este tipo de proyectos para el aprovechamiento de las energías renovables.	Medio	3.00
Barreras de Entrada	Medio	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9. Barreras de Salida**

Sub factores	Calificación	
<b>Costos de salida</b> Abarca los costos que generan la disposición de residuos (escombros, material sobrante).	Bajo	2.00
<b>Restricciones gubernamentales</b> No existe ninguna restricción gubernamental.	Bajo	2.00
Barreras de Salida	Bajo	2.00

**Fuente:** Elaboración propia.

- Poder de los compradores: Si los usuarios que vayan adquirir el producto, gozan de un alto nivel de convencimiento en la negociación, puede que logren hacer que el vendedor disminuya el porcentaje del precio o exigir que se le brinde un producto de mayor calidad, de acorde a las necesidades que se requieran.

**Tabla 10. Poder de los compradores**

Sub factores	Calificación	
<b>N° de compradores significativos</b> El número de compradores es elevado, puesto que son muchos los poblados que aún no cuentan con energía eléctrica debido a los costos que significa trasladar la energía hasta esos lugares desde una central hidroeléctrica.	Alto	6.00
<b>Disponibilidad de sustitutos</b> No existen sustitutos para este producto que se comparen con la capacidad que poseen.	Bajo	2.00
<b>Costos de Cambio del Comprador</b> El costo será significativo, puesto que no son muchos los proveedores en el mercado, así que podría verse perjudicado, además de que, si bien hay máquinas que puede que ofrezcan los mismos servicios, la eficiencia es distinta.	Alto	6.00
<b>Amenaza de los compradores de integrarse hacia atrás</b> Es algo complicado que el comprador de un paso al costado.	Bajo	2.00
Poder de los compradores		

**Fuente:** elaboración propia.

- Poder de los proveedores: este termino hace referencia a la capacidad de negociación que poseen los proveedores, entre menos proveedores existan, la capacidad de negociación será aún mayor, puesto que, al no haber oferta de insumos, los proveedores podrán aumentar fácilmente sus precios. Además de estos factores, existen otros como:

**Tabla 11. Poder de los proveedores**

Sub factores	Calificación	
<b>Disponibilidad de Sustitutos para los productos de los Proveedores</b> En la actualidad existen equipos con características similares, sin embargo, el nivel de eficiencia es diferente.	Medio	3
<b>Diferenciación o costo de cambio de los productos</b> Es medio, puesto que, si se llegase a realizar un cambio en algún tipo de producto, acarrearía con un cambio considerable en el presupuesto, si se realiza dicha modificación, debe procurarse que sea en beneficio del consumidor.	Medio	4
<b>Contribución de los proveedores a la calidad de los productos de la industria</b> La contribución de los proveedores hacia el producto es alta, puesto que estos buscan la innovación y sacar equipos cada vez más modernos en beneficio del ambiente.	Alto	6
<b>Número de Proveedores de importancia</b> En la actualidad es baja, ya que el mercado no se encuentra saturado y permite el ingreso de nuevos proveedores.	Baja	2
<b>Importancia de la Industria para los beneficios de los proveedores</b> Este servicio y producto ofrecido es de gran importancia para los clientes, por sus beneficios en el desarrollo de sus actividades.	Alto	7
<b>Poder de los proveedores</b>	Medio- alto	

**Fuente:** elaboración propia,

- Amenaza de los sustitutos: son considerados como aquellos que pueden reemplazar a los productos o servicios ofrecidos por la industria, como una alternativa para satisfacer la demanda.

**Tabla 12. Amenaza de los sustitutos**

Sub factores	Calificación	
<b>Disponibilidad de Sustitutos cercanos</b> No aplica.	Bajo	2.0
<b>Costos de cambio para los Usuarios</b> No aplica	Bajo	2.0
<b>Agresividad de los Productores de Sustitutos</b>	Bajo	2.0
<b>Amenaza de los sustitutos</b>	Bajo	2.00

**Fuente:** elaboración propia.

Luego de haber aplicado las cinco fuerzas de Porter, se puede concluir que el mercado al que nos dirigimos es atractivo.

## **CAPITULO IV.      DIAGNÓSTICO E INVESTIGACIÓN DE MERCADO**

### **4.1. Definición del problema y objetivo de la Investigación**

Durante el pasar de los años, se han desarrollado tecnologías que buscan aprovechar la energía hidráulica; esta serie de avances se han sometido a una serie de cambios, tanto de ingeniería, como por temas económicos y sociales. Sin embargo, en la mayoría de casos se enfocan a las centrales hidroeléctricas convencionales, las cuales requieren la construcción de presas, tuberías, túneles, canales y otros. Lo que acarrea de alguna forma, la alteración de la zona donde se vaya a instalar la hidroeléctrica.

En la actualidad, si bien se han desarrollado diversos estudios para el diseño de turbinas, se adolecen de proyectos que lleven en práctica la implementación de una turbina hidroeléctrica, puesto que, deberá evaluarse in situ la viabilidad técnica y económica de la instalación para cada caso en particular, lo cual implica un amplio espectro de conocimientos de ingeniería y finanzas para su puesta en marcha.

El presente estudio pretende realizar una comparación de los diversos tipos de turbinas, diferenciando sus características técnicas y la adecuación de estas para el canal de riego del Staff Achoma, que se encuentra ubicado en la ciudad de Arequipa en el valle del Colca en el distrito de Achoma. Se deberá asimismo tomar en cuenta puntos importantes como el caudal a lo largo del año, la elección del sitio adecuado para su máximo aprovechamiento, las instalaciones necesarias para su instalación, el equipamiento complementario para el almacenamiento y traslado de la energía y por último el impacto económico, social y ambiental que esto generará.

## **4.2. Identificación del producto o servicio**

El proyecto está orientado a verificar la prefactibilidad técnica y económica de instalar una turbina Hidrocinética para la generación de energía eléctrica, aprovechando la fluidez del río Colca, beneficiando así al Staff de Achoma.

Cabe resaltar que para la instalación de una turbina Hidrocinética, no se requiere de la construcción de una represa o la modificación de la zona donde se vaya a instalar, por lo tanto, el costo de instalación es bajo, al igual que el costo de mantenimiento y operación.

A continuación, se presentan algunas de las ventajas de utilizar una turbina hidrocinética para la generación de energía eléctrica:

- Generación de energía eléctrica a muy bajo costo.
- No existe un daño al ecosistema (fauna o flora).
- Su instalación o construcción se hace en una semana aproximadamente.
- Puede ser instalada en zonas alejadas.
- No requiere de mucho mantenimiento.
- No requiere de la Instalación de una central de control.

### **4.2.1. Clasificación por su uso**

Las turbinas eléctricas por el tipo de uso que se les da y la obtención de beneficios que brinda, están dentro de las energías renovables no convencionales, y se clasifican en tres, de eje horizontal, flujo cruzado y eje vertical. De las cuales se escogerá la que sea más adecuada para instalarla en un caudal.

## **4.3. Análisis de la demanda**

La demanda energética en el Perú ha ido creciendo en la última década, y las expectativas para los próximos 20 años es que siga creciendo, debido al incremento de



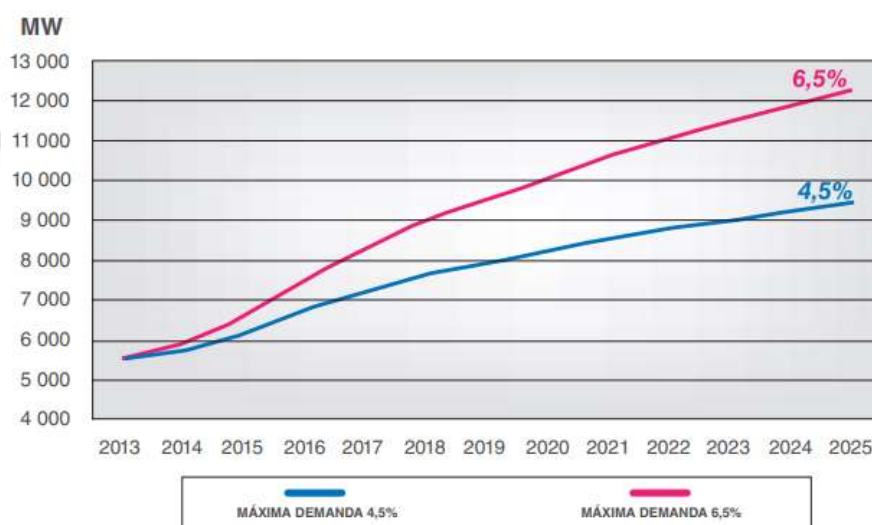
proyectos de la minería y las industrias, los cuales impulsan a la vez el crecimiento de las ciudades en diferentes regiones del país.

El Ministerio de Energía y Minas estima que se pase de los 5800 megavatios (MW) a 9500 megavatios y 12300 MW para el año 2025, estos datos van de acuerdo a los escenarios de crecimiento del PBI de 4,5% y 6,5% respectivamente.

El mercado se encuentra compuesto por dos segmentos:

Segmento regulado: atiende a más de 6,5 millones de familias, lo que equivale al 55% del consumo total.

Segmento libre: conformado actualmente por 260 consumidores de industriales y las principales mineras.



**Figura 12. Proyección de la Máxima Demanda 2014- 2025**

**Fuente:** MINEM (Dirección General de Eficiencia Energética, 2020).

El desafío del sector eléctrico, es abastecer de electricidad a mas de 2,2 millones de ciudadanos peruanos, los cuales pertenecen a las zonas rurales del país, para ello se opta por métodos que permitan el acceso a esas zonas.

#### **4.3.1. Factores que afectan la demanda**

El servicio de energía eléctrica que se le presta al Staff Achoma, posee varias carencias, comenzando por el alumbrado público de la zona, que presenta deterioro y muchas de las instalaciones no funcionan. Por otro lado, suelen presentarse bajas en la tensión eléctrica, llegando a presentar baja tensión en su totalidad en todas las sedes y de forma regular, presenta baja tensión por el uso frecuente o paralelo de las máquinas de los talleres, las máquinas de las oficinas y el laboratorio. A su vez, estos equipos suelen sufrir las consecuencias de la inestabilidad del fluido eléctrico.

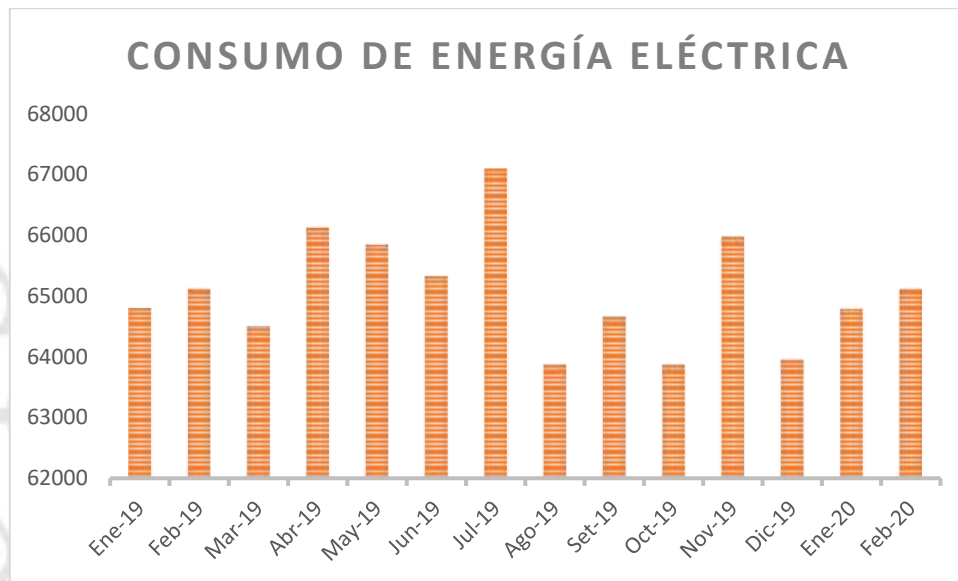
Adicionalmente, no se cuenta o hacen uso de aparatos que ahorren energía, tampoco poseen instalaciones de energía fotovoltaica que cubran las necesidades del Staff Achoma, el cual hace uso de 65.000 kWh.

Es por ello, que, al poseer una fuente hídrica, que es el caudal, que actualmente es utilizado para el riego y consumo propio, se plantea el aprovechamiento de este.

#### **4.3.2. Demanda actual**

Para calcular la demanda actual del servicio hemos utilizado como fuente de información primaria, los datos proporcionados por los componentes del Staff Achoma y las entrevistas programadas al Ingeniero encargado y el jefe del Staff Achoma. Así mismo, como fuente secundaria tenemos información de libros, artículos, tesis; que nos servirán para un conocimiento profundo del tema.

Gracias a la entrevista se conoce que actualmente el staff hace uso de alrededor de 65 mil kWh mensuales, lo cual se puede observar en el siguiente gráfico.



**Figura 13. Evolución del consumo de energía del staff Achoma**

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por la dirección del staff

#### **a. Proyección de la demanda**

La empresa que conforman el Staff Achoma, pretende mejorar y ampliar su sistema de alumbrado público, conjuntamente a ello mejorar el hotel que lleva a su cargo Autocolca. En esta primera etapa se busca cubrir los 65.000 KWh que se requieren para el correcto funcionamiento de ambas sedes.

#### **4.4. Mercado objetivo**

En nuestro país existen diversas zonas donde la energía eléctrica no llega o si está presente, la calidad del servicio no cumple con las necesidades de los usuarios, ya que no llega a cubrir la demanda eléctrica, sumado a esta situación, los costos para la instalación son elevados y el transporte hasta algunas zonas es complicado. Ante esta problemática surge la oferta ecoamigable de implementar turbinas hidroeléctricas en los poblados que tengan ríos o canales.

#### **4.4.1. Segmentación de mercado**

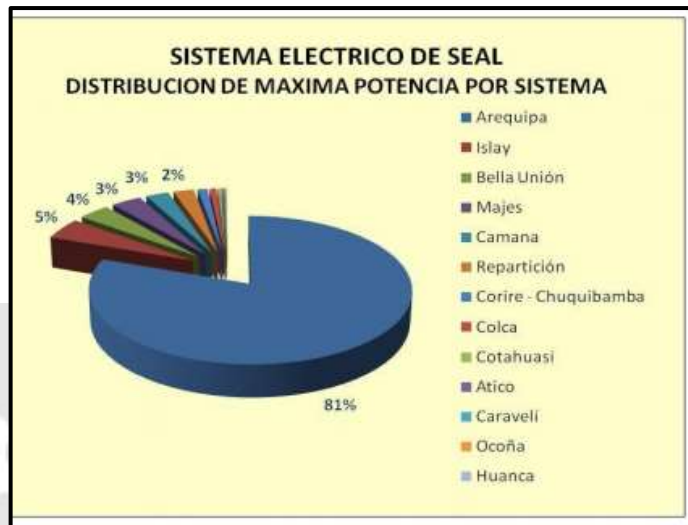
El Staff Achoma está conformado por las empresas asociadas Autocolca sede Achoma y Escuela Taller Colca, con sus respectivas Instalaciones cada una:

- AUTOCOLCA sede Achoma: se encarga de Administrar alojamiento y servicio de uso de sala de eventos de uso múltiple a instituciones que requieren alojamiento para un promedio de 92 personas distribuidas en 14 bungalows que albergan 4 personas cada una (56) y un hotel de 36 habitaciones.
- La Escuela Taller Colca es un CETPRO Centro Educativo técnico productivo superior que ofrece 05 especialidades: Cocina, Servicios bar y atención y hoteles, carpintería restaurativa, albañilería y cantería e intervenciones Arqueológicas. Su capacidad instalada alberga hasta 60 estudiantes y 15 personas entre personal directivo, administrativo y docente.

#### **4.5. Análisis de la oferta**

Tenemos que para el presente proyecto en el Staff Achoma, el único proveedor de energía eléctrica es la empresa SEAL S.A., encargada de la generación, traslado y distribución de energía eléctrica a todo el Perú. Sin embargo, presenta deficiencias en el servicio que brinda, puesto que no tiene alcance a zonas alejadas o pueblos de difícil acceso por su ubicación.

Hasta el año 2017, la provincia de Arequipa poseía el 80.55% del total de consumo de la Región Arequipa, y el distrito del Colca representaba solamente menos del dos por ciento, como se muestra en el siguiente cuadro:



**Figura 14. Distribución de máxima potencia por Sistema**

Fuente: Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A (2017)

Mediante la entrevista al encargado del staff Achoma (anexo 2), se conoce que el precio por el servicio prestado por esta institución SEAL, es alrededor de S/2500.00 de forma mensual. Este dato servirá para comparar el costo del servicio por el que tendrían que pagar, y el costo financiero de instalar una turbina que si sostenga la necesidad del staff de manera continua y con una vida útil mayor a los 50 años.

Entonces se puede dar a conocer que no hay mayor posibilidad de que este distrito en particular el Staff Achoma, pueda recibir el servicio únicamente por SEAL. Es por eso que, se debe incrementar las opciones que sean más viables. La propuesta de la turbina no solo promete ser un método menos corrosivo para el ambiente, sino que cumpliría con brindar energía eléctrica suficiente y de manera continua sin inconvenientes para toda la zona del staff.

## **CAPITULO V. ESTUDIO TÉCNICO**

En este capítulo se presenta el aspecto técnico de la propuesta, el tipo y las características que esta debe tener para cumplir con los requerimientos. También se realiza mediante un procedimiento técnico la elección de la localización más adecuada de la propuesta y su posición de acuerdo al canal.

### **5.1. Características generales del canal**

Para definir la localización y la ingeniería de la turbina se presenta las características generales del canal que se piensa tomar como fuente de energía cinética

- El canal tiene 1.8 metros de ancho, y la mayoría del trayecto tiene una profundidad de 1.5 metros,
- En verano y temporada seca, el caudal es de 2.55 m<sup>3</sup>/s, en época lluviosa es de 2.72 m<sup>3</sup>/s
- Tiene forma rectangular
- Tiene como fuente el rio Colca
- Está libre de flora y fauna
- Se encuentra ubicado cuesta arriba del staff Achoma a 480 metros



**Figura 15. Ubicación del canal con respecto al Staff**

Fuente: Dirección del staff Achoma

También se puede reconocer las instalaciones del staff en el anexo 5

## 5.2. Tamaño del proyecto

Para definir el tamaño del proyecto se deben tener en cuenta algunos factores determinantes como el tamaño del requerimiento de energía y la capacidad financiera del staff.

Por el requerimiento de energía, se puede elegir si se requiere una mini hidroeléctrica o solo la instalación de un grupo de turbinas o solo una que genere como mínimo el requerimiento máximo del staff. Por la entrevista con el director de la Escuela



Taller Colca, se conoce que el consumo promedio es de 65,000 kWh y este es un determinante bastante significativo para el tamaño del proyecto.

Se sabe que una mini hidroeléctrica tiene la capacidad de producir hasta 10 MW, lo que obviamente sobrepasa las necesidades de potencia de staff, por lo que, por el requerimiento de energía vendría a definirse el tamaño del proyecto por el número de turbinas, la capacidad de las turbinas más conocidas varían de 40,000 a 240,000 KW, depende de las condiciones del río o canal donde se instale, por lo que, haciendo el estudio de las características del canal se llegará a la decisión del requerimiento de turbina, su tipo, tamaño y cantidad.

El canal tiene un flujo de agua con velocidad 0.97m/s en promedio, lo que en general necesitan todos los tipos de turbinas de río para su funcionamiento, lo que revela que, dependerá del tipo de turbina para cubrir las necesidades de potencia. Entonces el tamaño del proyecto se queda en una turbina hidroeléctrica que cumpla las condiciones necesarias para producir la potencia mínima de 65,000 KW, al ser un requisito que el tipo de turbina cumpla con la capacidad, se hace una extensión de este análisis en el siguiente punto para elegir el tipo de turbina que además de cumplir con el requerimiento de potencia, se acople mejor a las características del canal.

### **5.3. Elección del tipo de turbina.**

En este punto se analizará y se escogerá la mejor opción de turbina para este proyecto

#### **5.3.1. Factores determinantes**

Algunos de los factores que determinan el tipo de turbina más adecuado para este canal y este proyecto, son el uso que se le dará, la capacidad que se pretende obtener y las



características de la zona, para ello se hará una confrontación de criterios para la elección final del tipo de turbina.

Los criterios a tomarse en cuenta serán confrontados uno con el otro para otorgarle un grado de importancia para la elección de la turbina. Estos criterios son:

- 1 Mayor potencia alcanzada con un caudal promedio de 2.6m<sup>3</sup>/s
- 2 Espacio que requiere para su instalación
- 3 Menor requerimiento de mano de obra
- 4 Menor requerimiento de estructura necesaria para su instalación
- 5 Mejor acceso a la adquisición del producto

Y la confrontación de su grado de importancia, vendrá determinado por el puntaje que se le asigne a cada uno con respecto a los demás, teniendo en cuenta los siguientes puntajes

- 1 Igual de importante
- 0 Menos importante
- 2 Más importante

Confrontación cuyo resultado se observa en la siguiente tabla

**Tabla 13. Confrontación de factores**

<b>Criterios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Total</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>1</b>		2	2	2	1	7	35.00%
<b>2</b>	0		0	1	0	1	5.00%
<b>3</b>	0	2		2	1	5	25.00%
<b>4</b>	0	1	0		1	2	10.00%
<b>5</b>	1	2	1	1		5	25.00%
						<b>20</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez asignado un peso a cada criterio se pasa a analizar cuanto puntaje se le debe asignar a cada opción.

### 5.3.2. Identificación y análisis de las opciones

Se hace una investigación de mercado, acerca de las empresas que elaboran turbinas para río o canales de regadío, estas son, la turbina Smart free stream de la empresa SMART HYDRO POWER, una turbina de canal y ríos de la empresa TURBULENT, la miniturbina hidráulica de la empresa ANDRITZ y un generador turbina que la ofrece la empresa DIYARTS. Estas cuatro opciones se analizarán de acuerdo a los criterios de elección que se expusieron en el punto anterior.

#### a. Turbina Smart free stream

Es una turbina recreada por Smart hydro power, una empresa alemana fundada en 1863:

**Tabla 14. Especificaciones técnicas**

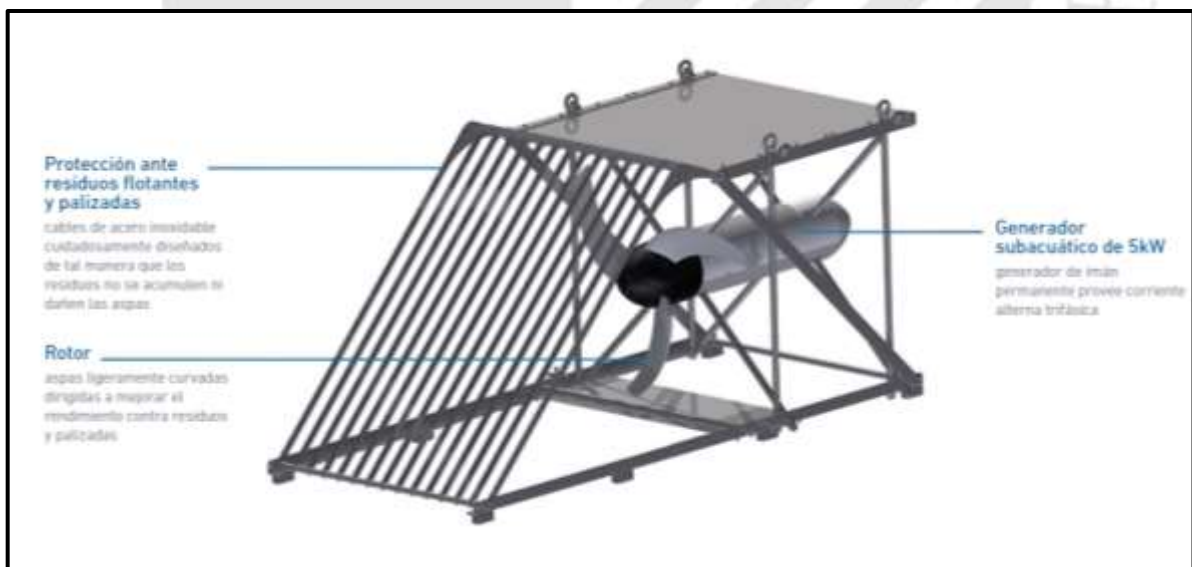
Potencia	250 – 5000 W
Dimensiones	Longitud: 2640 mm Ancho: 1120 mm Altura: 1120 mm
Velocidad rotacional	90 – 230 rpm
Peso	300 kg
Numero de aspas del rotor	3
Rotor ø	1000 mm

Fuente: smart-hydro.es

De la tabla anterior se debe tomar en cuenta las dimensiones que requiere, ya que es uno de los criterios a tomarse en cuenta para la elección, en este caso sus dimensiones son pequeñas por lo que su puntaje será alto para la ponderación, ya que sus medidas contribuyen positivamente a la instalación y el uso.

#### Características:

- Generador acuático con imán permanente genera corriente alterna
- Sistema ampliable con varias turbinas
- Disponible como sistema aislado, solución conectada a la red y versión híbrida
- Volumen de suministro y especificaciones pueden ser adaptados para proyectos especiales
- Potencia nominal a 3.1 m/s
- La turbina se instala al fondo del río/canal

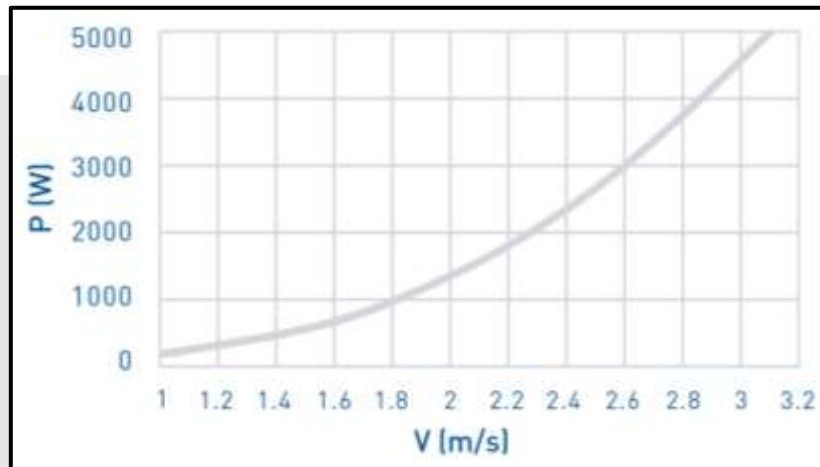


**Figura 16. Turbina Smart free stream**

Fuente: Smart-hydro.de

#### Requisitos de instalación:

- Punto de inyección: máximo 500 metros de distancia de la turbina
- Profundidad del río mínima: 1.1 metros
- Ancho mínimo del río: 1.2 metros



**Figura 17. Curva de potencia del generador**

Fuente: Smart-hydro.de

La figura 17 muestra un rendimiento promedio de la turbina con respecto a la velocidad del agua del canal, este dato es uno de los criterios de elección, observando su potencia con velocidades bajas esta turbina recibe un puntaje bajo porque la curva demuestra que tiene bajos rendimientos para velocidades menores a 1.6 m/s

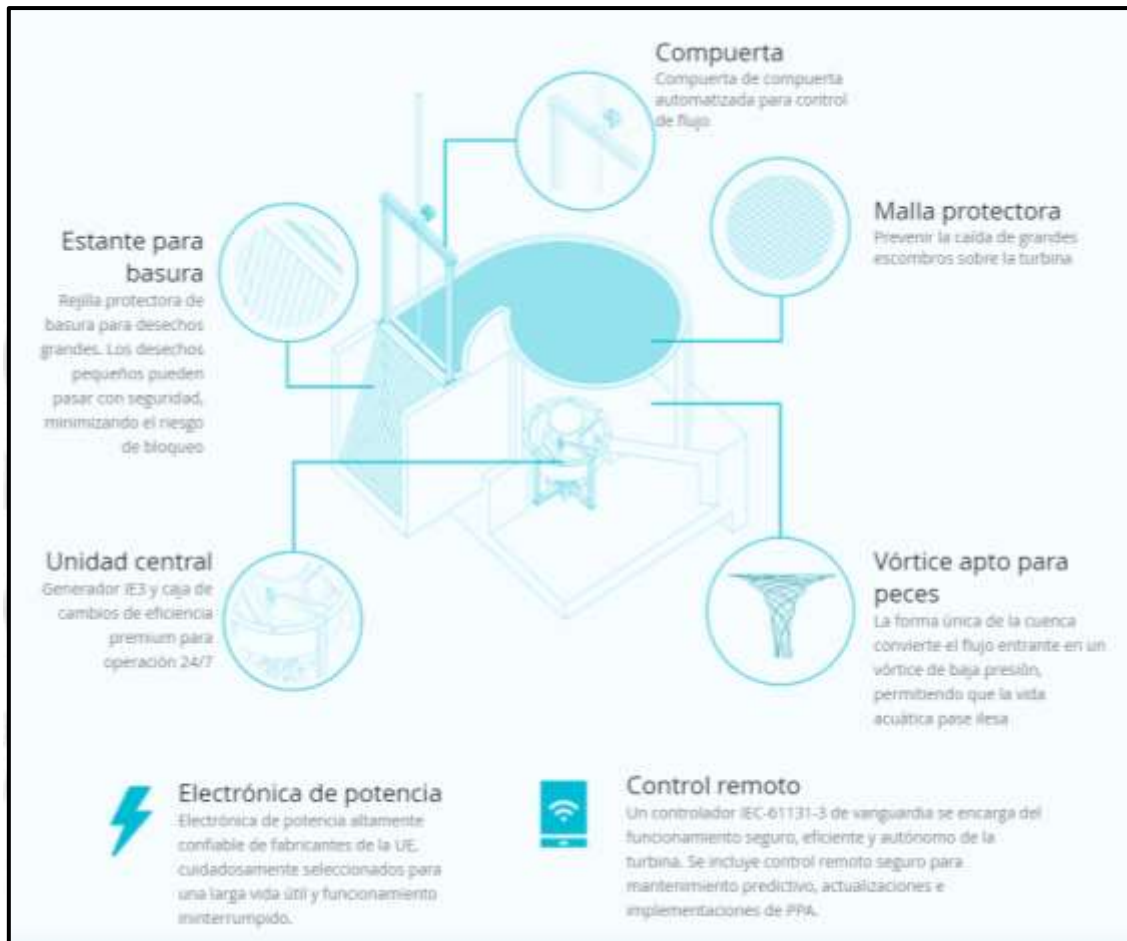
Con respecto a la estructura requerida, esta turbina es de fácil instalación ya que solo se requiere asegurar la turbina con 6 varillas en el fondo del canal, con esto esta turbina recibe un gran puntaje para el tercer criterio de evaluación.

La turbina es de una empresa alemana por lo que el puntaje para el quinto criterio sería bajo, ya que este país es lejano y el trámite y el tiempo en llegar al país es mayor que si se escogiera una turbina hecha en Latinoamérica

## **b. Turbina turbulent**

Es una turbina elaborada por la empresa turbulent que es una empresa Belga, con las siguientes características

- Rotor hidrodinámico con palas para el flujo optimizado y bajas velocidades de giro, que permite que la vida acuática, si hubiera, pase ileso.
- Diseño sumergido compacto de bajo ruido.
- Unidad central diseñada para funcionar durante más de 50 años.
- Caja de cambios y generador sumergibles equipados con sellos mecánicos de doble águila Burgmann que pueden soportar cualquier tipo de inundación
- Sistema de sellado secundario con múltiples capas de protección contra escombros y arena de agua dulce y salada. Diseñado por SKF para uso continuo de servicio pesado en entornos hostiles.
- Todas las piezas del rotor y la carcasa de acero inoxidable utilizadas en la industria alimentaria.
- Las piezas de acero al carbono tienen un revestimiento resistente a los golpes y a la abrasión.
- Equipado con un generador de inducción con mantenimiento libre hecho por fabricantes europeos.



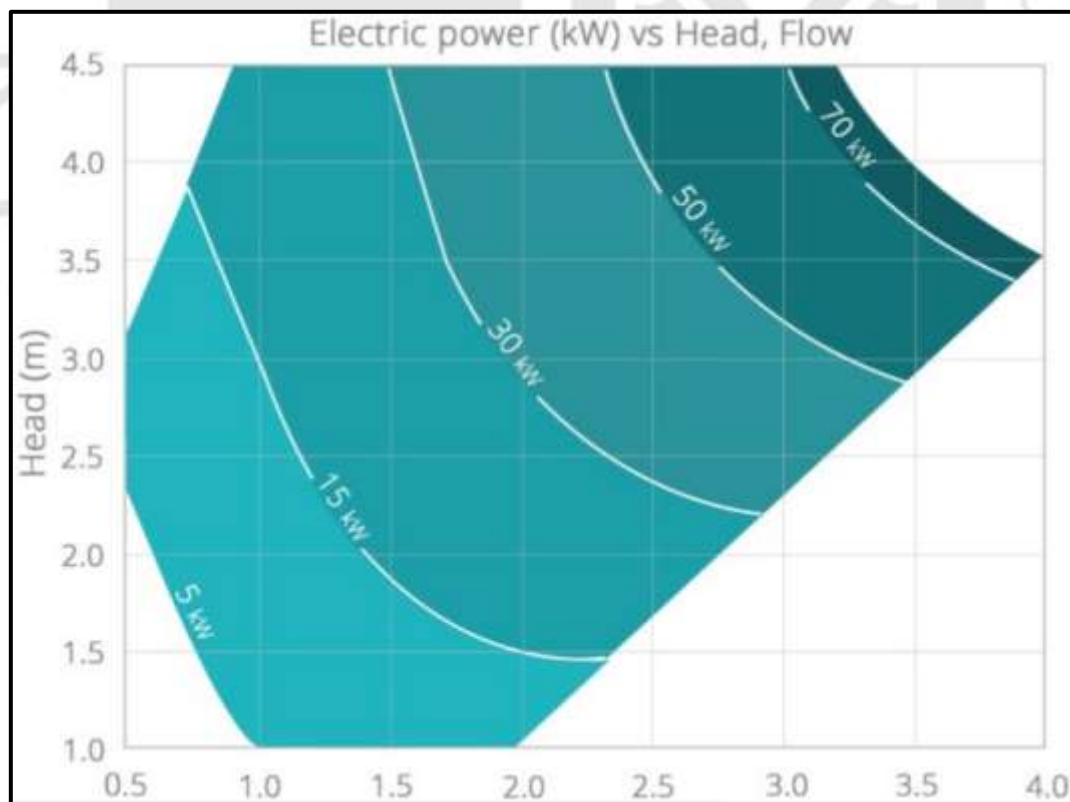
**Figura 18. Turbina turbulent**

Fuente: Turbulent.be

#### Ventajas:

- Es un impulsor de bajas revoluciones con un diseño que crea un bajo esfuerzo cortante. La lenta tasa de diferencia de presión sobre la pala asegura que esta turbina permita que todos los peces y la vida acuática pasen ilesos.
- Componentes de excelente calidad fabricados en la UE, un estante de basura para protección contra escombros grandes, y solo un componente móvil permite que esta turbina produzca energía sin apenas costos de mantenimiento

- Siempre que se siga nuestro plan de mantenimiento, nuestras turbinas tienen una vida útil de 30 años.
- A medida que trabajan junto con la naturaleza, nuestras turbinas no obstruyen el flujo normal de agua, eliminando por completo los riesgos de inundación.
- La turbina de vórtice es la más pequeña en su tipo para cada nivel de energía. Se premonta y se transporta fácilmente a su sitio.
- La turbina está equipada con un software de monitoreo que permite el control desde cualquier lugar en cualquier momento.



**Figura 19. Potencia de la turbina con respecto a la velocidad y el desnivel del canal**  
Fuente: Turbulent.be

Esta figura muestra que, con caudal mayor y desnivel mayor, esta turbina tendrá mayor potencia. Ya que el caudal del canal en estudio es en promedio de 2.6 m<sup>3</sup>/s (velocidad

promedio 0.97 m/s, corte transversal promedio del canal  $1.8 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 2.7 \text{ m}^2$ , lo que resulta en un caudal de 2.6 m<sup>3</sup>/s), con esta turbina se alcanzaría a obtener una potencia de 30 kW, una cifra que hace que esta turbina consiga un puntaje alto en el primer criterio de evaluación.

El espacio que requiere esta turbina es corto ya que sus dimensiones son menores a dos metros, por lo que en este aspecto esta turbina obtendría un puntaje alto, sin embargo, por la necesidad de una estructura adicional el puntaje debe ser menor y por el lado de la facilidad de obtención, esta turbina es más asequible que la anterior alemana, por tener sucursales en Latinoamérica.

### **c. Turbina hidráulica ANDRITZ**

Al avanzar, una bomba centrífuga ANDRITZ contribuye al ahorro de energía y a la conservación. Al operar en modo inverso, la bomba se convierte en una mini-turbina que puede generar un retorno de la inversión muy saludable al recuperar y generar energía eléctrica. Las turbinas de bomba ANDRITZ son una alternativa económica, comparada con el costo de compra y operación de una turbina convencional. Funcionan, por ejemplo, como turbinas de recuperación en fábricas de pasta y papel, en pequeñas centrales hidroeléctricas, y suministran energía a refugios de montaña y refugios forestales. De este modo, el transporte de diversos medios que van desde el agua potable y aguas residuales, así como las suspensiones de pulpa

- Tipo: hidráulica
- Otras características: multietapa, centrífuga
- Aplicaciones: para generación de energía
- Potencia (kW): 2.000 kW (2.719,24 hp)





**Figura 20. Turbina ANDRITZ**

Fuente: directindustry.es

Esta turbina tiene características muy poco favorables por su tamaño y accesibilidad, por lo que tendría menores puntajes en estos dos criterios, por otro lado, es potencialmente eficiente, ya que su capacidad es amplia, sin embargo, se requeriría colocar esta turbina en un río o hacer un paréntesis en el canal para que este pueda funcionar.

#### **d. Turbina Diyarts**

Es una turbina hecha por fabricantes chinos, promocionan este producto a través de plataformas digitales y tiene las siguientes características

Especificación:

- Dimensiones: aproximadamente 87 \* 31 mm / 3.43 \* 1.22in
- Tamaño de entrada / salida de agua: 1/2 "
- Voltaje de salida: 12V

- Presión de agua de funcionamiento: 0.05 - 1.2MP
- Rango de temperatura del agua: 0 - 80 grados
- Imán de neodimio: este generador hidroeléctrico está hecho de un poderoso imán de neodimio, que mejora enormemente su capacidad de generación de energía.
- Impulsor de desplazamiento más grande: el impulsor de desplazamiento más grande aumenta en gran medida la eficiencia de generación de energía. Al mismo tiempo, agrega rodamientos para reducir el desgaste.
- Inicio de presión de agua ultra baja: diseño de vías fluviales eficiente y duradero, pérdida de flujo ultra baja, solo necesita 0,5 kg de presión de agua para comenzar.
- Tornillos de acero inoxidable: los tornillos de acero inoxidable de alta calidad hacen que el producto sea más duradero.
- Diversos escenarios de aplicación: puede utilizar una variedad de grifos inteligentes, grifos de sensores, sistemas de iluminación y sonido de duchas, calentadores de agua a gas, controladores solares de agua automáticos y otros productos electrónicos y eléctricos que necesitan soportar el suministro de energía a través de la energía hidroeléctrica.



**Figura 21. Turbina DIYARTS**

Fuente: amazon.es

### 5.3.3. Puntaje y elección

Entonces se asigna una puntuación de acuerdo al grado de atributo positivo que tiene cada propuesta de turbina, en la siguiente tabla se encuentra esta calificación.

**Tabla 15. Elección de turbina**

Factor (i)	Peso	Smart free stream		Turbulent		Andritz		Diyarts	
1	35.00%	4	1.4	5	1.75	4	1.4	3	1.05
2	5.00%	4	0.2	5	0.25	2	0.1	4	0.2
3	25.00%	3	0.75	2	0.5	1	0.25	4	1
4	10.00%	3	0.3	2	0.2	2	0.2	2	0.2
5	25.00%	2	0.5	4	1	2	0.5	4	1
<b>Total</b>	<b>100%</b>		<b>3.15</b>		<b>3.7</b>		<b>2.45</b>		<b>3.45</b>

Fuente: elaboración propia

Donde:

Impacta positivamente al proyecto	4-5
Impacto moderado	3
Impacta negativamente	1-2

Con los resultados, una turbina TURBULENT es la más indicada para el tipo de terreno, el tipo de canal donde se va instalar. A partir de esto, el análisis posterior se trabajará con esta propuesta de turbina.

### 5.4. Localización de la turbina

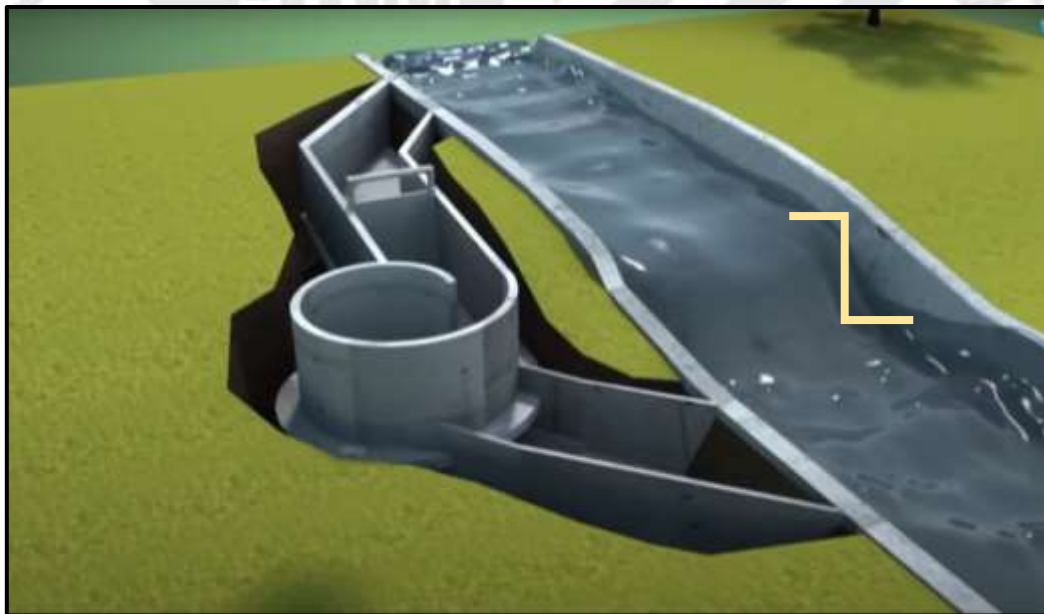
En este punto se mostrará la propuesta de localización de la turbina en relación al canal y en relación del staff a donde se pretende hacer llegar la energía eléctrica. La localización es importante porque esta determinará el caudal, la profundidad que a su vez determinan la potencia que puede proporcionar la turbina. También permite obtener la mejor ubicación con respecto al Staff, de manera que se logre el menor uso de cables eléctricos.

#### 5.4.1. Localización con respecto al canal

Este tipo de turbina, por su tamaño requieren un terreno un poco elevado en alguna parte del trayecto del canal, río o sequia de donde se quiere recoger el agua. La imagen referencial de la ubicación óptima de la turbina con respecto al canal, muestra un descenso de altura del canal debido de la misma geografía del terreno que es aprovechada para colocar la turbina en el medio del descenso para que el agua ingrese por el lado más alto y pueda incorporarse a la parte más baja sin problema.

Este desnivel es necesario ya que la turbina obtiene el agua y su remolino desplaza hacia abajo la corriente de agua, por lo que el agua necesita desembocar en una parte más baja para evitar que el flujo del canal no empuje de vuelta esta agua interviniendo en el correcto funcionamiento del remolino.

Existen dos factores que se deben tener en cuenta para escoger la ubicación de la turbina con respecto al canal y son el flujo de agua o la velocidad y la altura del desnivel.



***Figura 22. Imagen referencial de la localización de la turbina respecto al canal***

Fuente: Turbulent.be

El flujo de agua como el desnivel del canal son factores que terminarán el tamaño de la turbina que puede instalarse en el lugar, y el tamaño determina la potencia de energía eléctrica que se puede generar para el uso. Otros factores como la composición del flujo de agua, la continuidad del flujo afectan, pero en menor grado el funcionamiento de la turbina y por ende la potencia de la energía.

#### **a. Flujo de agua**

El flujo de agua tiene dos características importantes que permiten decidir el tamaño de la turbina. Primero su velocidad que se puede determinar de diferentes formas, en este caso, debido a lo alejado de la zona, se debe acceder a métodos convencionales, y uno de ellos es el siguiente

Ubicación de un área donde el flujo de agua es casi uniforme, tomar una longitud determinada en metros para probar en ella, colocar un flotador y estimar el tiempo que le toma atravesar esa distancia, con esto se hallará la velocidad, una mayor velocidad del flujo de agua es mejor. Utilizando una esponja, tomando una distancia de 5 metros para medir el tiempo que le lleva a la esponja recorrer, se halla la velocidad dividiendo la distancia entre el tiempo.

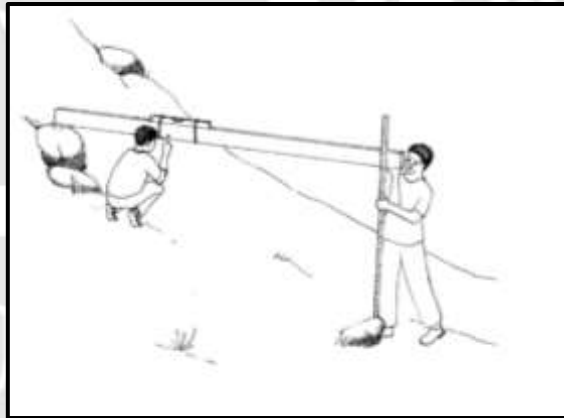
Con este método se dará a conocer la fuerza con la que la turbina puede generar la energía eléctrica

#### **b. Altura de desnivel**

La altura del desnivel también es un factor determinante del tamaño de la turbina que se puede colocar, ya que, la turbina que se coloque en un desnivel más alto, podrá ser más grande, y por lo contrario si el desnivel es muy bajo, solo se podrá colocar la más chica de las turbinas funcionales.

La altura y el flujo son los dos puntos más importantes de un proyecto hidroeléctrico, ya que determina todo sobre el sistema hidroeléctrico: volumen de construcciones civiles, tamaño del canal, tamaño de la turbina y potencia de salida. Las mediciones inexactas pueden resultar en una menor eficiencia y un mayor costo.

La altura se halla fácilmente colocando artefactos rectos desde el comienzo y hasta la parte más baja del desnivel (vea figura 23) el trayecto del canal que tenga mayor desnivel servirá mejor para la colocación de la turbina



***Figura 23. Foto referencial de la medición de la altura del desnivel en el trayecto del canal***

Fuente: Turbulent.be

#### **5.4.2. Localización de la turbina con respecto al staff**

Un factor importante para la decisión de la ubicación de la turbina, es la distancia que hay entre la turbina y la población objetivo, en este caso el staff Achoma, ya que, desde la turbina hasta este lugar debe colocarse cableado que transmita la energía producida por el generador. Por lo que, la distancia debe ser la menor posible entre la turbina y el Staff Achoma.

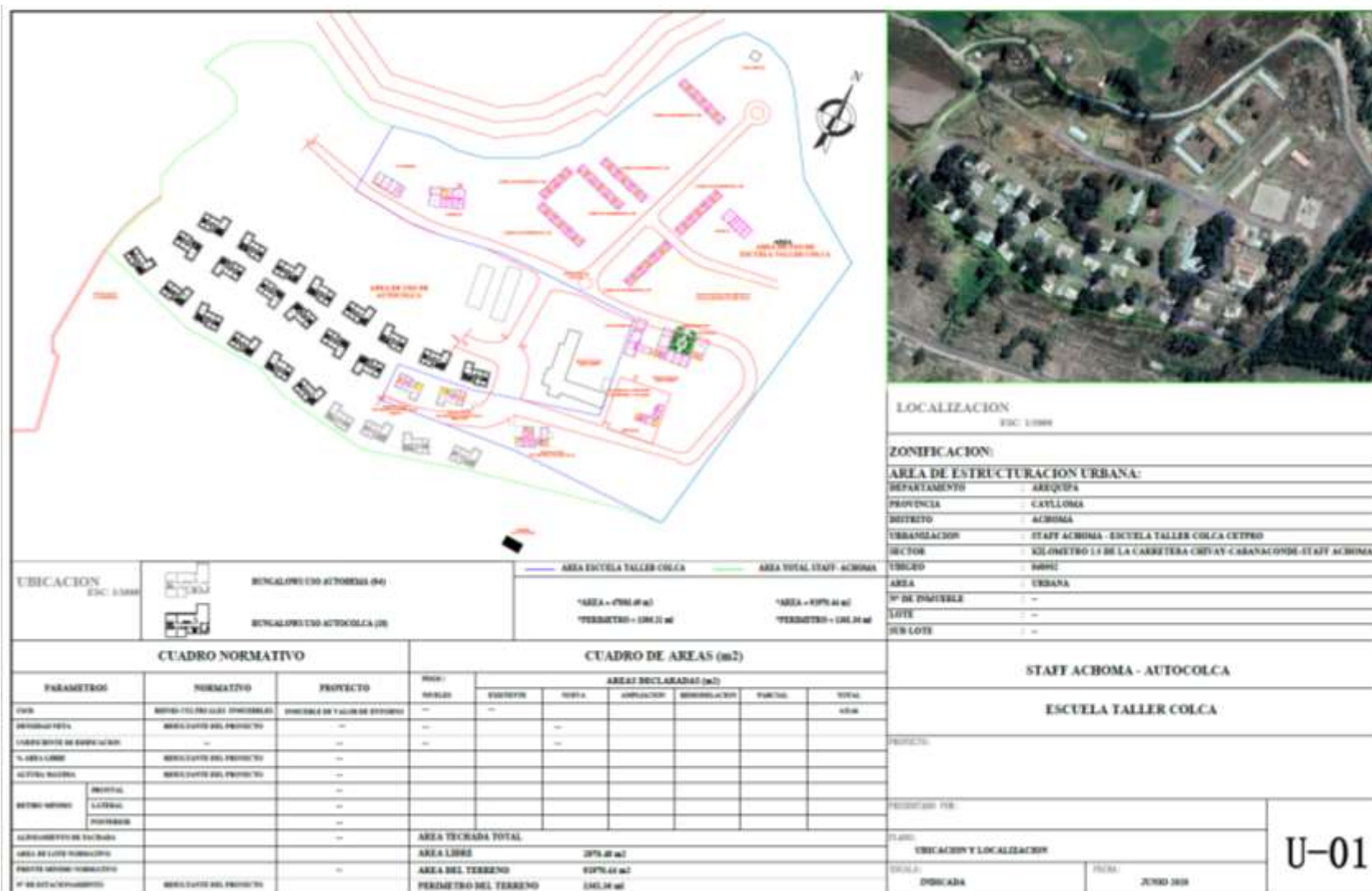
En la siguiente figura 24, se muestra el espacio que comprende la población objetivo, Autocolca y Escuela Taller Colca, los que están bordeados con colores azul y verde.

La ubicación del canal con respecto al staff, se observa en la figura 25, según la geografía de la zona el canal se encuentra en un área más elevada al staff

Teniendo en cuenta esto, se propone inspeccionar el tramo del canal que más cerca este del staff. En la figura 26 se muestra la figura referenciando el trayecto del canal que se observó para la propuesta. Del cual se utilizarán puntos claves que cumplan con las condiciones, el análisis se hará en el siguiente punto.

El análisis de la ubicación con respecto al canal, se hace en conjunto con el análisis de la ubicación con respecto al staff en el siguiente punto, para encontrar la ubicación que mejor cumpla con las características para la instalación de la turbina y a la par, la que más cerca se encuentre del staff, con ayuda de un método de puntuación y ponderación.





**Figura 24. Ubicación de Autocolca y Escuela Taller Colca**

Fuente: Dirección del staff Achoma





**Figura 25. Ubicación del canal con respecto al Staff**

Fuente: Dirección del staff Achoma



***Figura 26. Trayecto de canal por analizarse***

Fuente: Dirección del staff Achoma



### 5.4.3. Elección de ubicación

La elección de la ubicación de la turbina se hará teniendo en cuenta los dos puntos anteriores. Después de la observación del trayecto del canal que más cerca está del Staff, se encuentran 5 puntos que tienen una caída o desnivel considerable que puede servir para la propuesta, estos se presentan en la siguiente imagen con su respectiva etiqueta



***Figura 27. Trayectos del canal por analizar***

Fuente: google maps

Teniendo en cuenta que estos trayectos del canal deben cumplir con cierta velocidad de agua mayor a 0.95 m/s y un desnivel mínimo de 1.5 metros se hace un cuadro comparativo

de estos, en primer lugar, se presenta la velocidad que tiene el flujo de agua en estos trayectos, y luego el nivel de caída

**Tabla 16. Características del canal en tramos**

Trayecto del canal	Velocidad de agua (m/s)	Altura del desnivel(m)	Sección Transversal (m <sup>2</sup> )	Caudal
Tramo A	0.99	1.72	2.7	2.727
Tramo B	1.01	1.75	2.7	2.646
Tramo C	0.98	1.73	2.7	2.646
Tramo D	0.94	1.76	2.7	2.538
Tramo E	0.94	1.79	2.7	2.538

Fuente: elaboración propia

Con esta medición y análisis, podría quedarse como mejor punto para la instalación de la turbina al lugar A, sin embargo, los demás lo siguen con un poco de diferencia, por ello con el segundo análisis se resolverá la mejor opción. Este punto es el que va relacionado con la distancia entre la turbina y el servidor eléctrico del staff en la parte baja de la zona accidentada donde se encuentra. Estas distancias importan por el cableado que requiere la propuesta para que el generador de la turbina envíe la electricidad hacia el staff. En la siguiente tabla se presentan la distancia de esos con respecto del staff, para confrontar así y tomar la mejor opción.

**Tabla 17. Distancia de los puntos propuestos con respecto al staff**

Trayecto del canal	Distancia con respecto al staff(m)
Tramo A	495
Tramo B	483
Tramo C	479
Tramo D	463
Tramo E	477

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, se hace una confrontación de criterios de elección para etiquetarle a cada uno un puntaje. Los criterios para la elección son:

- 1 Velocidad del flujo de agua
- 2 Altura del desnivel
- 3 Distancia con respecto al staff
- 4 Zona con menor piedras que remover para la estructura

Teniendo en cuenta los puntajes de:

- 1 Igual de importante
- 0 Menos importante
- 2 Más importante

Se obtiene el siguiente resultado:

**Tabla 18. Confrontación de criterios de elección de la ubicación de la turbina**

<b>Criterios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Total</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>1</b>		1	2	2	5	41.67%
<b>2</b>	1		2	1	4	33.33%
<b>3</b>	0	0		1	1	8.33%
<b>4</b>	0	1	1		2	16.67%
					<b>12</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla que indica el peso de cada criterio al momento de tomar la decisión de localización de la turbina, teniendo en cuenta la información de los cinco puntos posibles, se establece la siguiente asignación de puntaje de acuerdo a:

Impacta positivamente al proyecto	3
Impacto moderado	2
Impacta negativamente	1



**Tabla 19. Ponderación del puntaje de los tramos propuestos para la instalación de la turbina**

Factor (i)	Peso	Tramo A		Tramo B		Tramo C		Tramo D		Tramo E	
1	41.67%	2	0.8333	3	1.2500	2	0.8333	1	0.4167	1	0.4167
2	33.33%	1	0.3333	2	0.6667	1	0.3333	2	0.6667	3	1.0000
3	8.33%	1	0.0833	2	0.1667	2	0.1667	3	0.2500	2	0.1667
4	16.67%	1	0.1667	2	0.3333	2	0.3333	3	0.5000	2	0.3333
<b>Total</b>	<b>100%</b>		<b>1.4167</b>		<b>2.4167</b>		<b>1.6667</b>		<b>1.8333</b>		<b>1.9167</b>

Fuente: elaboración propia

Resultando como mejor opción la opción B, la cual se especifica en la siguiente figura.



**Figura 28. Elección de la ubicación de la turbina**

Teniendo en cuenta el análisis sobre el flujo del agua (velocidad y desnivel del flujo) y la distancia con respecto al staff de los puntos propuestos. Se establece que el punto B es el más adecuado, por su mayor cercanía al staff y por tener cifras de altura o desnivel y flujo de agua mejores que sirven para el objetivo.

## **5.5. Ingeniería del proyecto**

En este punto se presenta el funcionamiento de la turbina y el análisis de su potencia, una vez escogida la turbina de la empresa TURBULENT, se pasa a especificar su funcionamiento

### **5.5.1. Proceso del funcionamiento**

#### **Electricidad remota confiable, solo hidroeléctrica**

Una micro red de alta calidad que proporciona energía directamente del agua con las siguientes características:

- Inversor de onda sinusoidal pura
- Carga de descarga controlada + corrección del factor de potencia (PFC) para un equilibrio de carga óptimo
- Batería de arranque para generador

#### **Electricidad confiable en cualquier lugar, combinación hidráulica**

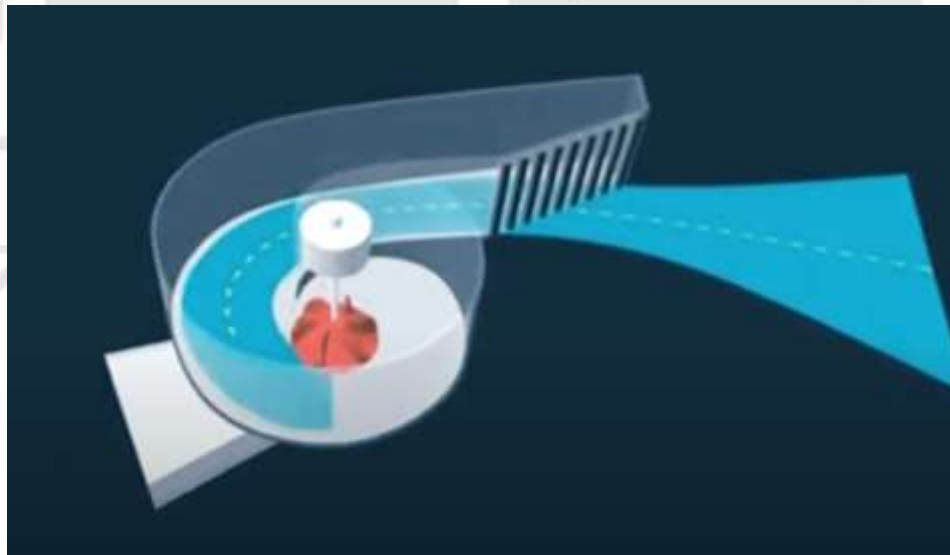
Una microrred de alta calidad compatible con otras fuentes de energía y almacenamiento de energía. Tiene las mismas funcionalidades de la solución básica fuera de la red, con las siguientes características adicionales:

- El consumo máximo de carga es un tercio de la potencia de la turbina, lo que garantiza la disponibilidad de energía durante la demanda máxima

- Baterías dimensionadas para el afeitado máximo y mayor tiempo de actividad hasta el 99%
- Se puede conectar a la red con conmutación ininterrumpida entre encendido y fuera de la red.
- Se integra fácilmente con otras fuentes de energía como la solar, eólica, diésel.

En este punto se explica el funcionamiento de la turbina, el cómo lleva la energía eléctrica desde su generador hasta los lugares objetivo. Este proceso se explica de la siguiente manera.

El agua ingresa por el canal de desvío ya construido hasta llegar a la zona de circular donde se encuentra la turbina, que aprovecha la fuerza del remolino de agua para absorber la energía cinética.

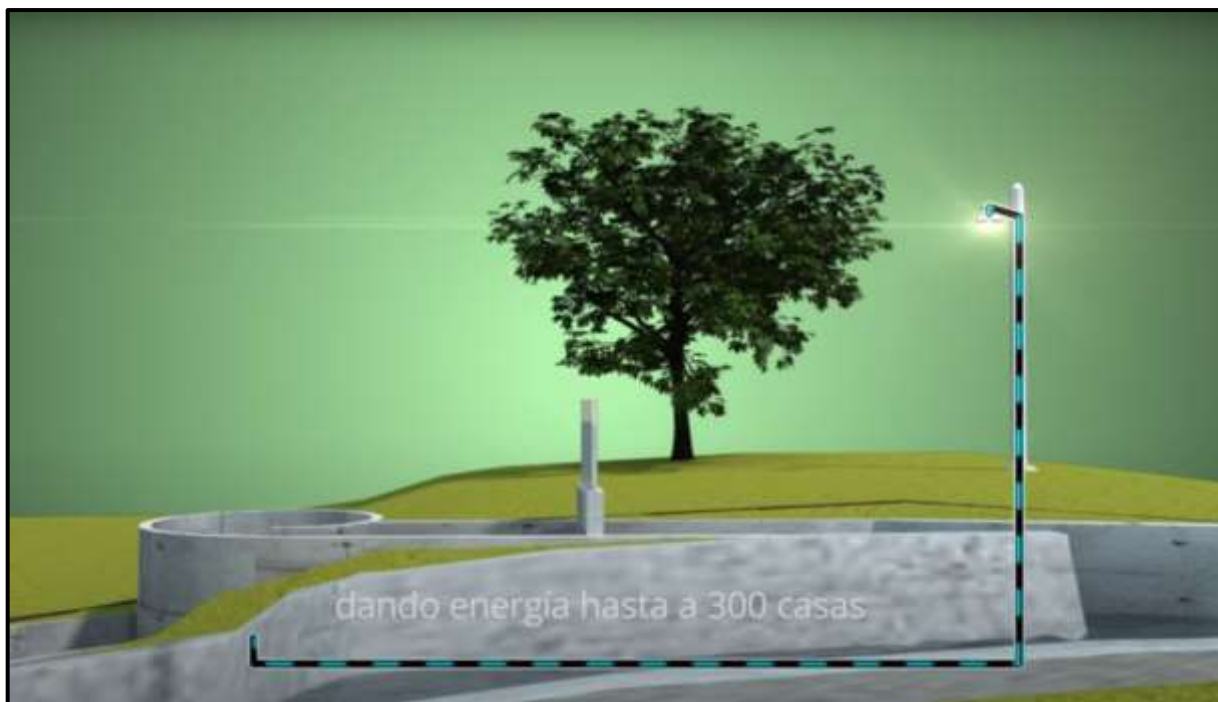


**Figura 29. Entrada del agua y formación del vórtice**

Fuente: turbulent.be

El generador convierte esta energía cinética en energía eléctrica, lo que hace que pueda generar energía con una potencia para cubrir el uso de más de 60 hogares.





***Figura 30. Imagen referencial de la generación de energía eléctrica desde la turbina***

Fuente: turbulent

#### **a. Potencia de la turbina**

Algunas características del canal, como las que se presentó en el punto anterior de localización de turbina, son los factores que determinarán la potencia que pueda obtener la turbina, en este caso, se presenta en la siguiente tabla el rango de potencia que puede obtener esta con las características indicadas.

**Tabla 20. Potencia y otras características de la turbina**

<b>Modelos representativos</b>	<b>5 Kw</b>	<b>15kW</b>	<b>30kW</b>	<b>50 Kw</b>	<b>70kw</b>	<b>Unidad</b>
Salida hidráulica de la turbina	5.8	17.4	34.9	56.8	79.5	kw
Potencia eléctrica	5	15	30	50	70	kw
Máxima generación de energía por año	40,000	120,000	240,000	400,000	560,000	kwh
Flujo nominal	0.7	1.5	2.2	3.1	3.8	m3/s
Altura nominal	1.6	2	2.8	3.25	3.7	m
Diámetro del impulsor	800	1140	1200	1300	1500	mm
Altura del rotor	385	550	580	625	730	mm
Peso del núcleo de la turbina Vortex	135	275	300	360	475	kg
Peso generador y caja reductora	180	350	600	950	1200	kg
Cabina eléctrica, peso	220	270	330	390	480	kg

Fuente: Turbulent

Como se explicó, la turbina tendrá una potencia de acuerdo a las características del flujo de agua y existe una fórmula para conocer la potencia disponible de la turbina con respecto al caudal a la altura del desnivel y un parámetro gravitacional, en una fórmula, la potencia disponible de la turbina se halla de la siguiente manera:

$$P = g * Q * H$$

Donde:

P:	Potencia disponible
g:	Coefficiente gravitacional (9.81)
Q:	Caudal (m3/s)
H:	Altura del desnivel (m)

Por lo que el resultado vendría a ser, teniendo en cuenta las características del tramo del canal escogido en el punto anterior, es decir, el tramo B, se reemplaza los valores en la fórmula y se obtiene:

$$P = 9.81 * 2.64 * 1.75$$

$$P = 45.42wh$$

## b. Abastecimiento

Como es de conocimiento, la turbina abastecerá a las instalaciones del staff Achoma, que incluye la Escuela Taller Colca y Autocolca, el alumbrado y las tomas de energía de uso general que debe abarcar el generador son:

**Tabla 21. Abastecimiento**

CATEGORÍAS	CANTIDAD	KW	Tiempo de uso
Luminarias de los ambientes	432	1,296.00kw	5 horas x 30 días al mes
Luminarias de alumbrado público	200	13,200kw	11 horas x 30 días al mes
Equipos de computo	10	192.00kw	16 horas x 8 días al mes
Equipos de limpieza o lavandería	6	216.00kw	6 horas x 12 días al mes
Maquinaria	25	49,093.85kw	16 horas x 8 días al mes
Electrodomésticos	100	1,002.15kw	30 días al mes
<b>POTENCIA NECESITADA</b>		<b>65,000.00 kW</b>	<b>mensuales</b>

Fuente: elaboración propia

## c. Mantenimiento de la turbina

Esta turbina requerirá el mantenimiento que se expone en la siguiente tabla, con respectivo periodo de mantención

**Tabla 22. Mantenimiento de la turbina**

Element de mantenimiento	Intervalo de mantenimiento
Cambio de aceite de la caja de cambios	Cada 6 meses
Reapriete de todos los tornillos	1 vez al año
Comprobación visual del generador	1 vez al año
Reemplazo de sellos	cada 2 años
Reengrase de los cojinetes de la caja de engranajes	cada 2 años
Verificación de controles eléctricos	cada 2 años
Reemplazo de rodamientos	cada 3 años

Fuente: Turbulent

### 5.5.2. Requerimientos para la instalación y uso de la turbina

Hay varios requerimientos adicionales para el funcionamiento de la turbina, estos son la estructura de concreto y los equipos que complementan la conversión de energía cinética en energía eléctrica, pero primero se pasa a examinar el tipo de conexión que debe tener y su corriente

En la siguiente imagen a modo de ejemplificar la turbina, se presenta una imagen de la instalación de la turbina con respecto a un río y su ubicación con respecto a las viviendas beneficiadas, en la imagen se puede observar un panel de control entre la turbina y las conexiones eléctricas, este sirve para mandar la energía requerida a las diferentes viviendas, actualmente y por lo general las compañías eléctricas para una zona urbanizada mandan 220 voltios de energía, pero, más sobre este panel de control se verá en el siguiente punto



**Figura 31. Representación de la instalación de turbina**

Fuente: turbulent.be

### **a. Instalación trifásica**

Para la selección del tipo de instalación en este caso específico es preferible optar por una energía trifásica que se distingue de la monofásica porque tiene 3 fases y tres corrientes alternas de un voltaje de 380 voltios.

Las diferencias que encontramos con el monofásico es que:

- La energía monofásica: es aquella que tiene una sola fase/ línea y corriente alterna (neutra) que va de 220 a 230. Este tipo de instalaciones son las más habituales en las viviendas y llegan a tener desde dos a tres cables, pudiendo ser bipolares (dos cables, la fase por el que circula la corriente, que es de color marrón y el neutro, que es de color azul) o tripolares, el cual posee la fase, neutro y un cable amarillo o verde de tierra.
- La energía trifásica: es aquella que tiene tres líneas y tres corrientes alternas, su voltaje es de 380 voltios. Este tipo de instalaciones son utilizadas en comercios, empresas industriales y fábricas. Dichas instalaciones poseen tres cables por las cuales circula corriente eléctrica. Los cables son de color gris, marrón y negro.

Las instalaciones trifásicas son utilizadas en el sector comercial, industrial y fábricas, los cuales disponen de equipos más grandes, los cuales llegan a requerir de 14,49kw a más para poder funcionar. Hemos de añadir que al contar con tres fases y con tres corrientes alternas diferentes, la potencia de la instalación es dividida entre tres.

### **b. Uso de corriente alterna**

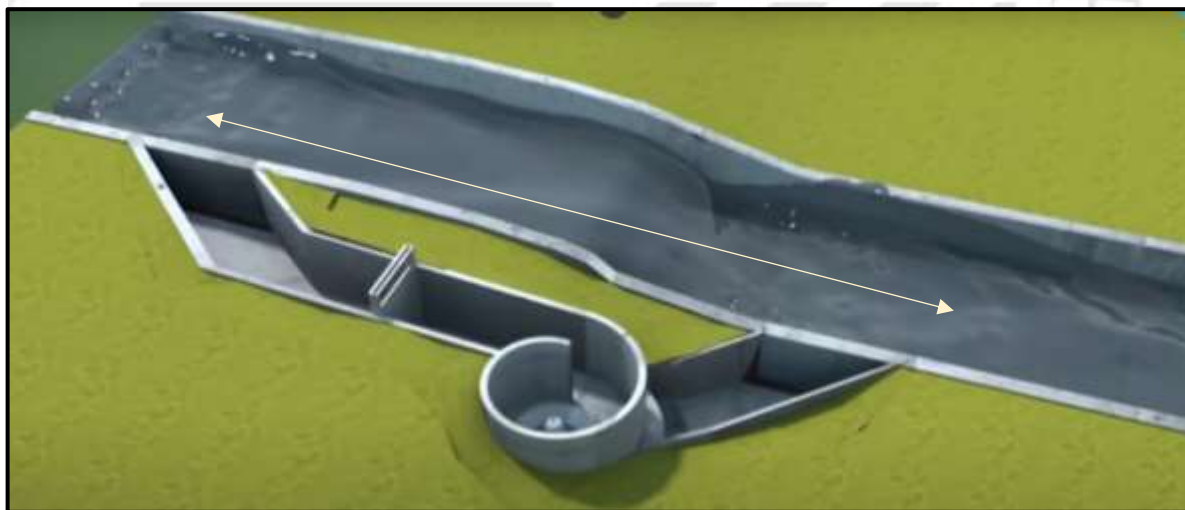
Existen dos tipos de corriente, la corriente continua (DC), la cual es un tipo de corriente de flujo continuo de carga eléctrica, este tipo de corriente se encuentra en las baterías, los cargadores, pilas y la corriente alterna (AC), es aquella producida por alternadores y es en su mayoría, generada en centrales eléctricas.

Se opta por el uso de corriente alterna por su capacidad de poder transportar mayores cantidades de energía eléctrica a una mayor distancia. Esta corriente es producida a través de un generador y requiere del uso de un transformador, el cual se encarga de subir o bajar la tensión según sea la demanda o necesidad.

No se propone el uso de una corriente continua porque se limitaría la capacidad y la potencia de energía que emite una turbina, Por ende, se opta por un transformador que tenga la capacidad de aprovechar al máximo la potencia dada por la turbina.

### **c. Construcción civil**

Para la instalación de la turbina se debe construir una estructura de concreto que lleve el agua del canal hacia la turbina y que desemboque más abajo en el mismo canal



***Figura 32. Estructura de concreto complementaria***

Fuente: turbulent.be

Esta estructura como se ve en la imagen, debe ser construida a lado del canal, teniendo una entrada en la parte más alta del canal y una salida en la parte más baja, de acuerdo a la elección del lugar donde colocar la turbina, en este espacio para que pueda instalarse correctamente la turbina se requiere de la estructura de concreto a lo largo de 5

metros del canal. Esta estructura debe tener un ancho de 1.2 metros y una profundidad similar al mismo canal.

Ya que se trata de un canal, por donde no pasa fauna y no existe flora, no se requiere de equipos complementarios, como despedradores o separadores de objetos extraños, además que la turbina puede manejar objetos pequeños sin problema y retirarlos con normalidad.

Para el traslado de la turbina solo se requiere un camión pequeño, ya que no tiene grandes dimensiones



***Figura 33. Traslado de la turbina***

Fuente: turbulent.be

#### **d. Equipos complementarios**

Se enumeran los equipos y demás que se requerirán para la instalación o el uso de la turbina



Transformador: Se requiere un transformador de corriente

- Nombre de la marca: UKC
- Eficiencia de conversión: 0.6
- Voltaje de entrada: DC 12V
- Frecuencia de salida: 50Hz - 60Hz
- Voltaje de salida: AC 220V $\pm$ 10%
- Potencia nominal: 2000w
- Max Power: 2000W
- Special function: With Lcd display
- Warranty: 1 year



**Figura 34. Transformador**

Fuente: [alcenergy.com.pe](http://alcenergy.com.pe)

Tableros de control



Tableros de control y protección para Turbinas Hidráulicas y Térmicas con visor de alarma mando de sincronización y tableros de servicios auxiliares.

Tableros de control y mando para Grupos electrógenos, con sistemas de protección, sincronización y trabajo en paralelo, monitoreo a través de TCP/IP, remoto y Scada.

Tableros de transferencia automática ATS para sistemas de 50A a 4000A, con breaker motorizados, configuración de respuesta y señales remotas.

Este tablero marca hidrosatur sirve para dirigir, revisar y controlar la frecuencia de 50 hertz, para detener el proceso si existiera alguna falla.



**Figura 35. Panel de control eléctrico**

Fuente: Hidrosatur.com

Focos led: Un cambio necesario es también, el retiro de los focos fluorescentes que consumen mayor corriente, por unos focos LED ahorradores, eso para evitar el exceso de consumo



**Figura 36. Focos fluorescentes del staff**  
Fuente: dirección del staff

Ya que los focos LED son más ahorradores como muestra la siguiente imagen

INCANDESCENTE	HALÓGENA	FLUORESCENTE	LED
30W	25W	8W	3W
60W	50W	14W	8W
75W	60W	17W	12W

**Figura 37. Focos y su consumo**  
Fuente: barcelonaled (2014)

Como se explicó, el circuito es pequeño, ya que la eficiencia de esta turbina hace que no requiera componentes extras, ya que esta por si sola genera, regula y envía la energía hasta el panel de control



**Figura 38. Representación del circuito**

Fuente: elaboración propia

### 5.6. Análisis de pre factibilidad técnica

Parte de los objetivos planteados, es evaluar la viabilidad técnica de la instalación de la turbina, para esto se analiza la potencia que se obtiene de la turbina de forma diaria y el consumo promedio del staff.

Entre las ventajas de utilizar este tipo de turbina, tenemos que:

- No requiere un gran transporte
- Requiere una obra civil sencilla, hecha en un par de días
- Es una fuente de energía confiable y constante, a diferencia de la eólica y solar que no son constantes

Notablemente, se puede presentar la comparación de lo que requiere el staff y lo que realmente se logra con la instalación de la turbina. La cifra de 363,360 KWh es hallada de la siguiente manera, con ayuda de la tabla informativa de la potencia de la turbina (vea tabla 12).

Si con una potencia eléctrica de 30kw la potencia máxima anual es de 240,000 kwh, con una regla de correspondencia, el resultado para una potencia de 45.45kw hallada anteriormente, será de 363,360 KWh

***Tabla 23. Comparación de la potencia requerida con la obtenida con la propuesta***

KWh Requeridos	KWh producidos por la turbina
65,000	363, 360 kwh

Fuente: elaboración propia

### **5.7. Diagrama de Gantt**

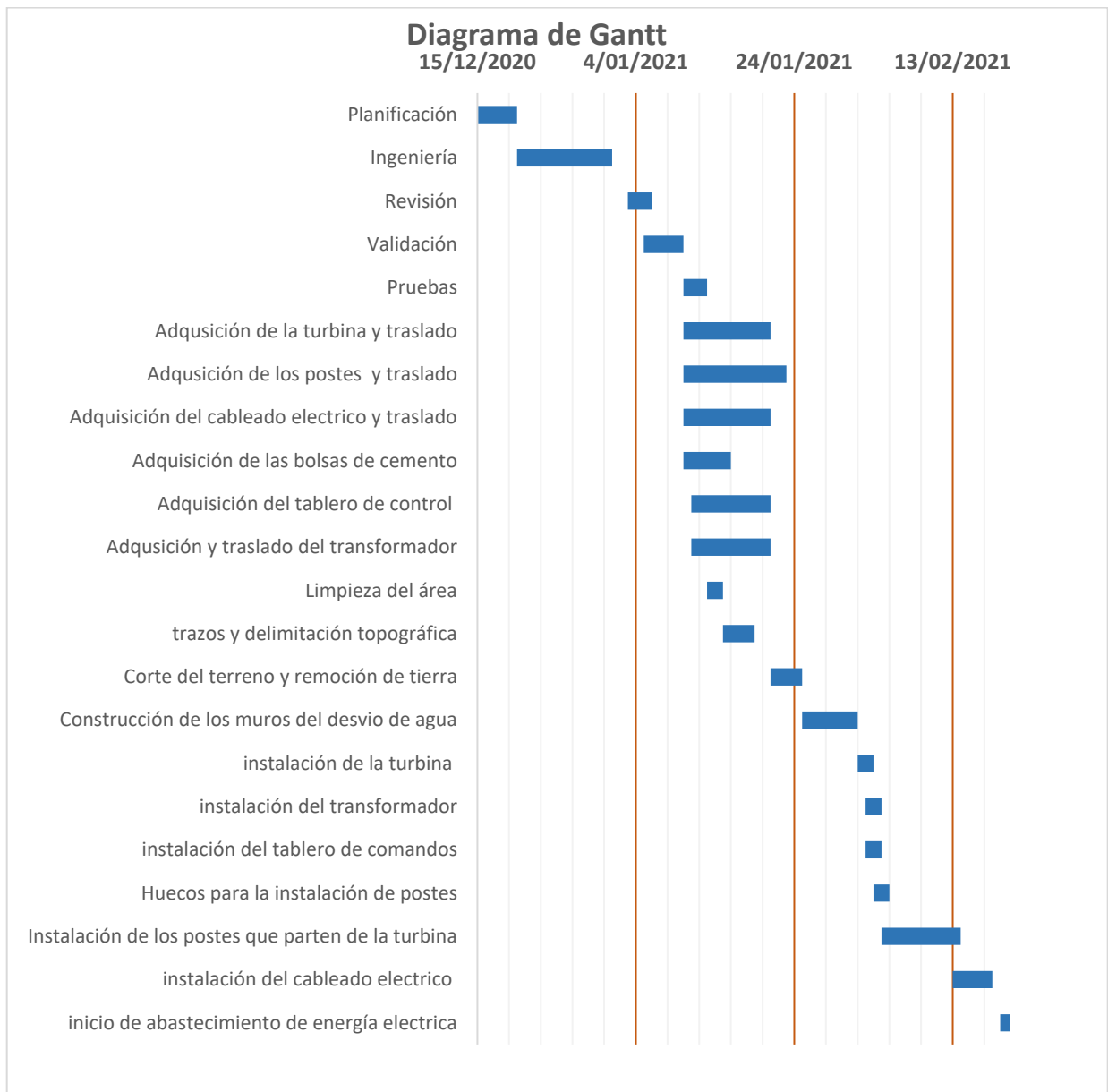
La elaboración del diagrama de Gantt nos ayudará a determinar las actividades y componetes del proyecto.

**Tabla 24. Lista del Diagrama de Gantt**

		TAREAS	Inicio	Duración en días	Fecha fin
Trabajo preliminar		Planificación	15/12/2020	5	19/12/2020
		Ingeniería	20/12/2020	12	2/01/2021
		Revisión	3/01/2021	2	4/01/2021
		Validación	5/01/2021	5	9/01/2021
		Pruebas	10/01/2021	3	12/01/2021
Compra de materiales		Adquisición de la turbina y traslado	10/01/2021	11	20/01/2021
		Adquisición de los postes y traslado	10/01/2021	13	22/01/2021
		Adquisición del cableado electrico y traslado	10/01/2021	11	20/01/2021
		Adquisición de las bolsas de cemento	10/01/2021	6	15/01/2021
		Adquisición del tablero de control	11/01/2021	10	20/01/2021
		Adquisición y traslado del transformador	11/01/2021	10	20/01/2021
Implementación e instalación	Limpieza	Limpieza del área	13/01/2021	2	14/01/2021
		trazos y delimitación topográfica	15/01/2021	4	18/01/2021
	instalación de la turbina	Corte del terreno y remoción de tierra	21/01/2021	4	24/01/2021
		Construcción de los muros del desvío de agua	25/01/2021	7	31/01/2021
		instalación de la turbina	1/02/2021	2	2/02/2021
		instalación del transformador	2/02/2021	2	3/02/2021
	Instalación de postes	instalación del tablero de comandos	2/02/2021	2	3/02/2021
		Huecos para la instalación de postes	3/02/2021	2	4/02/2021
		Instalación de los postes que parten de la turbina	4/02/2021	10	13/02/2021
		instalación del cableado electrico	13/02/2021	5	19/02/2021
Función ambiente		inicio de abastecimiento de energía electrica	19/02/2021	2	20/02/2021

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 25. Diagrama de Gantt**



**Fuente:** elaboración propia.

## **CAPITULO VI. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

Si bien, para el siguiente proyecto, se plantea la ejecución de un servicio de instalación, que será prestado a las empresas que conforman el Staff Achoma, no será necesario la formación de una empresa, puesto que el servicio que se ofrece será prestado exclusivamente para el Staff Achoma, para ello se contratará a personas que realicen el trabajo de instalación, previo acuerdo con la empresa y con un documento que acredite dicha relación laboral. Durante el funcionamiento también será necesario que se cuente con un personal que realicen las funciones mantenimiento y supervisión del equipo periódicamente.

### **6.1. Instalación del equipo**

Para llevar a cabo la instalación de la turbina, se requiere contratar personal calificado, que posea experiencia con la implementación de esta clase de equipos. Será necesario cubrir los siguientes puestos:

**Tabla 26. Perfil de encargado de Obra**

<b>Encargado de Obra</b>	
<b>Identificación</b>	
<b>Nivel del cargo</b>	Encargado de obra
<b>Denominación del Cargo:</b>	Encargado de obra
<b>Dependencia:</b>	Supervisor
<b>Características del Personal</b>	
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseer capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidad en toma de decisiones</li> <li>• Liderazgo y autodeterminación</li> </ul>
<b>Personalidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas relaciones interpersonales</li> <li>• Responsable</li> <li>• Creativo</li> <li>• Honesto</li> <li>• Poseer estabilidad y control emocional</li> </ul>
<b>Conocimiento</b>	
<b>Nivel de educación Formal</b>	Estudios Secundarios
<b>Estudios complementarios realizados</b>	
<b>Requisitos y Experiencia</b>	
<b>SEXO</b>	Indiferente
<b>Edad</b>	24-40 años
<b>Experiencia previa</b>	1-3 años
<b>Descripción de funciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar las tareas en función de los planes y las prioridades.</li> <li>• Deberá garantizar el cumplimiento de todas las reglas de seguridad y los estándares de calidad.</li> <li>• Deberá supervisar el empleo correcto de la maquinaria y equipos.</li> <li>• Garantizar que la mano de obra y los recursos sean adecuados.</li> <li>• Asignar las responsabilidades diarias y generales.</li> <li>• Supervisar a trabajadores.</li> <li>• Controlar los gastos y garantizar que estos se ajusten al presupuesto.</li> <li>• Resolver problemas cuando estos surjan.</li> <li>• Realizar un informe del progreso a directores, ingenieros, etc.</li> </ul>	

**Fuente:** elaboración propia.

Obrero

Para la adecuación del ambiente donde se instalará la hidroturbina se requerirá de obreros para las obras de construcción de la sanja e instalación de la turbina.



**Tabla 27. Perfil de Obrero**

<b>Encargado de Obra</b>	
<b>Identificación</b>	
<b>Nivel del cargo</b>	Obrero
<b>Denominación del Cargo:</b>	Obrero de obra
<b>Dependencia:</b>	Encargado de Obra
<b>Características del Personal</b>	
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseer capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidad en toma de decisiones</li> <li>• Liderazgo y autodeterminación</li> </ul>
<b>Personalidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas relaciones interpersonales</li> <li>• Responsable</li> <li>• Honesto</li> <li>• Resistencia</li> <li>• Ágil</li> <li>• Capacidad para seguir instrucciones</li> <li>• Compromiso con la seguridad</li> </ul>
<b>Conocimiento</b>	
<b>Nivel de educación Formal</b>	Estudios Secundarios
<b>Estudios complementarios realizados</b>	
<b>Requisitos y Experiencia</b>	
<b>SEXO</b>	Indiferente
<b>Edad</b>	24-40 años
<b>Experiencia previa</b>	1-2 años
<b>Descripción de funciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de zonas de obras con escobros y suciedad de las máquinas</li> <li>• Ayuda con el armado de equipos de construcción.</li> <li>• Transporte y manipulación de material.</li> </ul>	

**Fuente:** Elaboración propia.

## **6.2. Mantenimiento e Inspección**

Una vez instalada la turbina, será necesario el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones de generación y protección conectadas a la red. Así como también, será necesaria la Inspección constante de los equipos. Para el cumplimiento de dichas funciones será necesario contar con el siguiente personal:

- Un inspector: Este puesto puede ser ocupado por el mismo usuario o un personal calificado.

**Tabla 28. Perfil de un inspector**

<b>Perfil de Inspector</b>	
<b>Identificación</b>	
<b>Nivel del cargo</b>	Inspector
<b>Denominación del Cargo:</b>	Inspector de equipo
<b>Dependencia:</b>	Gerencia
<b>Características del Personal</b>	
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseer capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidad en toma de decisiones</li> <li>• Liderazgo y autodeterminación</li> </ul>
<b>Personalidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas relaciones interpersonales</li> <li>• Responsable</li> <li>• Creativo</li> <li>• Honesto</li> <li>• Poseer estabilidad y control emocional</li> </ul>
<b>Conocimiento</b>	
<b>Nivel de educación Formal</b>	Estudios Universitarios en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencias administrativas e ingeniería</li> <li>• Administración de empresas</li> <li>• Ingeniería industrial</li> <li>• Carreras a fines</li> </ul>
<b>Estudios complementarios realizados</b>	
<b>Requisitos y Experiencia</b>	
<b>SEXO</b>	Indiferente
<b>Edad</b>	24-40 años
<b>Experiencia previa</b>	1-3 años
<b>Descripción de funciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de equipos y reparación de sistema mecánico.</li> <li>• Realizar actividades control de fallas.</li> <li>• Ayudar a la instalación del equipo.</li> <li>• Realizar las limpiezas del equipo.</li> </ul>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Un personal de servicio técnico: Es necesario que la persona tenga conocimiento del manejo de estos equipos, con una experiencia mínima de un año.

**Tabla 29. Perfil de un Técnico de mantenimiento**

<b>Perfil de Técnico de mantenimiento</b>	
<b>Identificación</b>	
<b>Nivel del cargo</b>	Técnico
<b>Denominación del Cargo:</b>	Técnico de Mantenimiento
<b>Dependencia:</b>	Gerencia
<b>Características del Personal</b>	
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseer capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidad en toma de decisiones</li> <li>• Liderazgo y autodeterminación</li> </ul>
<b>Personalidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas relaciones interpersonales</li> <li>• Responsable</li> <li>• Creativo</li> <li>• Honesto</li> <li>• Poseer estabilidad y control emocional</li> </ul>
<b>Conocimiento</b>	
<b>Nivel de educación Formal</b>	Estudios Universitarios en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencias administrativas e ingeniería</li> <li>• Administración de empresas</li> <li>• Ingeniería industrial</li> <li>• Carreras a fines</li> </ul>
<b>Estudios complementarios realizados</b>	
<b>Requisitos y Experiencia</b>	
<b>SEXO</b>	Indiferente
<b>Edad</b>	24-40 años
<b>Experiencia previa</b>	1-3 años
<b>Descripción de funciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de equipos y reparación de sistema mecánico.</li> <li>• Realizar actividades control de fallas.</li> <li>• Ayudar a la instalación del equipo.</li> <li>• Realizar las limpiezas del equipo.</li> </ul>	

**Fuente:** Elaboración propia.

### **6.2.1. Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento puede ser realizado por el propio usuario o por un personal calificado, el cual se encargará de realizar inspecciones visuales de verificación una vez por semana como mínimo, lo que garantiza que la turbina funcione correctamente. Para ello, el personal a cargo deberá cumplir con las siguientes funciones:

- Llevar a cabo la revisión de la protección eléctrica.
- Revisión del estado de la turbina y sus conexiones.

- Revisión del estado del Generador.
- Revisión, reajuste y limpieza de cables y terminales.
- Llevar a cabo una limpieza del canal de sedimentación, esto ayudará a aumentar la producción de energía.
- Comunicación con el servicio técnico en caso de mal funcionamiento o avería.

En esta etapa, también será necesario el apoyo del servicio técnico, que será brindado por la empresa o un tercero, el cual se encargará de realizar mantenimiento preventivo, brindando principalmente los siguientes servicios:

- Medición de tensión y la intensidad del generador, para detectar algún tipo de daño del generador, del sistema de protección o algún problema con el cableado y sus conexiones.
- Llevar a cabo la verificación de la estructura de la instalación, hacer el reajuste de alguna de las piezas.
- Comprobar las protecciones, los fusibles y la puesta a tierra.
- Verificar las conexiones del cableado en la caja de conexiones.

#### **6.2.2. Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento Correctivo es llevado a cabo por un personal técnico especializado, que será brindado por la empresa o un tercero. Dicho personal obligación de:

- Mediante solicitud el usuario o porque el equipo presenta algún tipo de avería grave, la visita del personal a cargo deberá ser en un plazo máximo de dos días.
- Deberá llevar a cabo un análisis y elaboración de un presupuesto, indicando sus alcances, en el caso de que la turbina sufra algún desperfecto.
- El mantenimiento obligatoriamente deberá ser realizado por personal técnico calificado, todo ello bajo responsabilidad de la empresa a cargo.

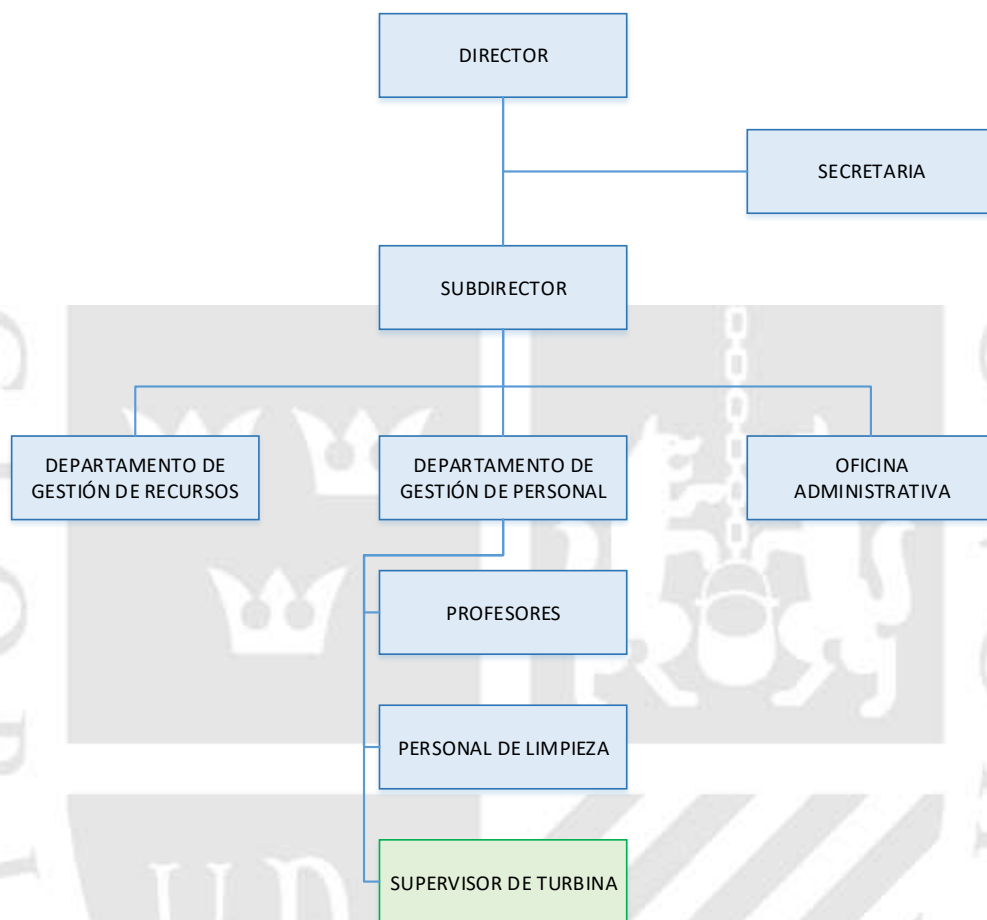
En los siguientes casos deberá contactarse al servicio técnico:

- Cuando el personal a cargo de la Inspección detecte una bajada o paro total de la producción de electricidad.
- Cuando se detecten defectos en la estructura del generador.
- En el caso de un mal funcionamiento o una avería.

### **6.3. Nuevas funciones del personal**

Junto con la instalación de la turbina, llegan nuevas actividades de soporte y supervisión, lo que presentamos a continuación son las nuevas tareas que debe cumplir el personal de mantenimiento del Staff Achoma.

El nuevo puesto se ocupará de supervisar el funcionamiento de la turbina en el canal, se trata de una revisión periódica para ver alrededor de la zona donde se encuentra la turbina, que no tenga algún obstáculo y revisar el estado de las paletas de la turbina que son las que soportan el golpe de escombros.



***Figura 39. Puesto o personal de apoyo para la turbina***

Fuente: elaboración propia.

## **CAPITULO VII. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO**

Este capítulo presenta el análisis económico de la propuesta, para esto se comenzará por identificar la inversión necesaria para la estructuración e instalación de la turbina en el tramo del canal escogido. Se presentan los costos anuales que conlleva el mantenimiento de la turbina, asimismo, se hace una simulación de un préstamo bancario como capital de inversión inicial y se hace una evaluación con el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

### **7.1. Inversión inicial**

La inversión que se requiere para los equipos y demás activos tangibles se presenta en la tabla 1, todos estos son equipos o materiales que deben adquirirse para la instalación y funcionamiento de la turbina, como ya se explicó en el capítulo técnico de esta investigación.

Aparte de los tangibles que se requieren para que la turbina empiece a funcionar, se deben tener en cuenta servicios a los que se deben acudir para su instalación y considerar el costo por el estudio de factibilidad del proyecto. Estos se presentan en la tabla 2 junto al monto global de los costos de los equipos.

**Tabla 30. Inversión en tangibles**

<b>Tangibles</b>	<b>Monto (S/)</b>
Turbina	63,725.00
Cableado	9,900.00
Estructura de concreto	18,010.00
Transformador	10,580.00
Tablero de comando	9,970.00
Focos led ( #120)	837.6
Postes	630
<b>Total</b>	<b>113,652.60</b>

Fuente: elaboración propia

La inversión inicial o los costos generados por la instalación de la turbina no son muchos, es por ello que esta propuesta se hace muy viable y sencilla de implementar

**Tabla 31. Inversión inicial general**

<b>Inversión</b>	<b>Monto (S/)</b>
Equipos	113,652.60
Servicio de colocación de la turbina	8,120.00
Servicio de colocación de cableado desde el generador hasta la población objetivo	6,450.00
Estudio de factibilidad	12,820.00
<b>Total</b>	<b>141,042.60</b>

Fuente: elaboración propia

Después de la inversión inicial los costos adicionales son muy pocos, ya que la turbina no requiere mayor gasto para su mantención excepto por un mantenimiento anual y el costo para el personal que se encargue de revisar que el canal esté libre de obstáculos, basura o ramas que en la instalación de la turbina no estaban.

## **7.2. Costos anuales**

Los costos anuales son todos aquellos costos que deben hacerse para el mantenimiento y funcionamiento de la turbina, que se realizan una o dos veces al año, o cada



dos años, estos involucran el mantenimiento de cada parte de la turbina (vea tabla 3) y el pago al personal encargado de supervisar la turbina (tabla 4). Los montos globales de estos rubros se encuentran en la tabla 5 como Costos anuales, cifra que se tendrá en cuenta para el análisis de flujos económicos del proyecto.

**Tabla 32. Costos de actividades de mantenimiento anuales (soles)**

Actividad	Veces al año	Costo del servicio	Costos anuales de mantenimiento
Cambio de aceite de la caja de cambios	2	2,250	4,500
Reapriete de todos los tornillos	2	1560	3,120
Reemplazo de sellos	0.5	8,740	4,370
Reengrase de los cojinetes de la caja de engranajes	0.5	7608	3,804
Verificación de controles eléctricos	0.5	5450	2,725
Reemplazo de rodamientos	0.3	6,570	1,971
<b>Costo total</b>			<b>20,490</b>

Fuente: elaboración propia

Este método muy eficaz de generar energía eléctrica, solo tiene dos costos adicionales para su funcionamiento óptimo que son, el mantenimiento y el pago al nuevo personal encargado. El salario mensual se calculó de acuerdo al mercado laboral.

**Tabla 33. Costos por el personal**

Puesto	Cantidad	Sueldo mensual	Salario Básico	Remuneración computable	Seguro Social	CTS	Costo total año
Encargado de turbina	1	930	11,160	13,020	1,004	930	14,954

Fuente: elaboración propia

El seguro social es 9% del salario mensual, la remuneración computable contiene la gratificación correspondiente y el costo total año es el gasto total por concepto de personal, todo de acuerdo a ley. Las actividades que desempeñará este nuevo empleado son revisadas en el capítulo cinco.

**Tabla 34. Costos anuales**

<b>Rubro</b>	<b>Monto Anual (S/)</b>
Mantenimiento	20,490
Personal	14,954
<b>Total</b>	<b>35,444.40</b>

Fuente: elaboración propia

### **7.3. Ingresos**

Los ingresos se miden por el pago que se deja de pagar por el servicio de luz, teniendo en cuenta la tarifa de la luz y la cantidad de kW que producirá la turbina al año, para después ser utilizado en la evaluación del VAN.

**Tabla 35. Ingresos anuales (soles)**

Costos por kW/h	0.304
Producción de kW	363,360
Ingresos totales mensuales	9,205
Ingresos anuales	110,461

Fuente: elaboración propia

Estos ingresos se considerarán en los flujos de caja a modo de hacer la comparación de cuánto recibirían por la luz eléctrica que brinda la turbina si fueran proveedores de la misma y generaran ingresos como tal, y se tiene en cuenta lo que cobra SEAL por Kw/h para suponer un ingreso realista

### **7.4. Financiamiento**

Se propone un financiamiento externo proveniente de una entidad bancaria. Buscando en el mercado de crédito se halla que la tasa anual activa promedio es de 24.03%. En el anexo 4, se coloca el cronograma hallado por meses, tal cual se pagaría al banco, en la tabla 7 se muestra un resumen por años, para hallar con estos datos los flujos de caja. El préstamo simulado es para 20 años, cuotas mensuales de S/1,621.17, teniendo en cuenta que la vida útil de la turbina es de 30 años.

**Tabla 36. Financiamiento externo**

		TEM	1.81%	
		Periodos	20	
		TEA	24.03%	
		Cuota	S/2,587.80	
Prestamo	141,042.60			

Periodo	Principal	Interés	Amortización	Pago
0	141,042.60			
1	S/140,579.06	30590.10	463.54	S/31,053.64
2	S/140,004.19	30478.77	574.87	S/31,053.64
3	S/139,291.24	30340.69	712.95	S/31,053.64
4	S/138,407.05	30185.17	868.47	S/31,053.64
5	S/137,310.50	29976.58	1077.05	S/31,053.64
6	S/135,950.58	29717.90	1335.74	S/31,053.64
7	S/134,264.04	29397.08	1656.56	S/31,053.64
8	S/132,172.41	28999.20	2054.44	S/31,053.64
9	S/129,578.41	28505.76	2547.88	S/31,053.64
10	S/126,361.39	27893.81	3159.83	S/31,053.64
11	S/122,371.69	27134.87	3918.77	S/31,053.64
12	S/117,423.75	26193.66	4859.98	S/31,053.64
13	S/111,287.39	25026.38	6027.26	S/31,053.64
14	S/103,677.20	23578.75	7474.89	S/31,053.64
15	S/94,239.19	21783.41	9270.23	S/31,053.64
16	S/82,534.33	19556.88	11496.76	S/31,053.64
17	S/68,018.19	16795.57	14258.07	S/31,053.64
18	S/50,015.54	13371.04	17682.60	S/31,053.64
19	S/27,688.98	9124.01	21929.63	S/31,053.64
20	S/0.00	3856.92	27196.72	S/31,053.64

Fuente: elaboración propia

## 7.5. Criterios de evaluación

Se realiza un análisis del VAN, TIR proyectando los flujos de caja. Se consideran 30 años para la evaluación del proyecto ya que es el mínimo tiempo de vida de la turbina.

**Tabla 37. Flujos de caja**

Periodo	Inversión	Ingresos	Costos	Costos financieros	Flujo de caja
0	-141,042.60				-141,042.60
1		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
2		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
3		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
4		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
5		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
6		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
7		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
8		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
9		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
10		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
11		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
12		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
13		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
14		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
15		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
16		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
17		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
18		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
19		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
20		110,461	-35,444.40	-S/31,053.64	43,963.40
21		110,461	-35,444.40		75,017.04
22		110,461	-35,444.40		75,017.04
23		110,461	-35,444.40		75,017.04
24		110,461	-35,444.40		75,017.04
25		110,461	-35,444.40		75,017.04
26		110,461	-35,444.40		75,017.04
27		110,461	-35,444.40		75,017.04
28		110,461	-35,444.40		75,017.04
29		110,461	-35,444.40		75,017.04
30		110,461	-35,444.40		75,017.04

Fuente: elaboración propia

Los costos financieros son los intereses y la amortización que se pagarían a la entidad financiera por el préstamo adquirido al inicio del proyecto, estos se encuentran especificados en la tabla 7. Los ingresos se mantienen uniformes por los 30 años de la turbina

ya que cada año se van haciendo mantenimientos, cuyos gastos se consideran en la columna de costos de la misma tabla 8.

Para los flujos de caja solo se considera lo concerniente al proyecto, los ingresos se ven incrementados a partir del año 21, ya que en el año 20 se termina de pagar el préstamo adquirido.

#### **7.5.1. Valor actual neto y TIR**

Teniendo en cuenta que la tasa de descuento es 20.60%, ya que es lo que esperaríamos ganar un inversionista si invierte en el sector de equipos electrónicos según Damodaran (2020), se halla el siguiente VAN.

***Tabla 38. Indicadores de rentabilidad***

VAN	S/74,584.07
TIR	31.3%

Fuente: elaboración propia

La TIR es mayor a la tasa de descuento, por lo que estas cifras indican que es rentable el proyecto

#### **7.5.2. Costo/beneficio**

Este ratio no siempre confronta cifras monetarias, puede referirse al valor personal, moral, social y ambiental que tiene el proyecto, por eso se hace un balance de este en la siguiente tabla.

**Tabla 39. Costo y beneficios del proyecto**

<b>Beneficios</b>	<b>Costos</b>
Energía continua y eficiente	Inversión de 53200 soles
Medio renovable de energía eléctrica	
Contribución a la mejora de la calidad de vida	

Fuente: elaboración propia

También se debe tener en cuenta que este proyecto bien se puede replicar en zonas aledañas, porque las condiciones del canal así lo permiten.

## **CAPITULO VIII. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **8.1. Objetivo del EIA**

En estos últimos años, la preservación del medio ambiente ha crecido enormemente, puesto que, con el crecimiento de la población y el avance del hombre en terrenos que antes eran para la vegetación exclusivamente, los niveles de contaminación son cada vez mayores. Por ello, es necesario presentar un estudio de Impacto ambiental cuando se realizan estos tipos de proyecto y que sea público para las personas que serán beneficiadas o se ven involucradas. Un estudio de impacto ambiental, no tiene el propósito de señalar todo lo negativo de un proyecto, sino busca mostrar tanto los beneficios como también los perjuicios. En este caso, el presente proyecto es más un beneficio para las personas que vivan cerca y con el siguiente análisis se explicará el porqué.

El presente estudio de impacto medio ambiental tratará de evaluar y tomar las medidas sobre los posibles cambios que se puedan producir en el entorno por la instalación de la turbina hidroeléctrica y demostrar la diferencia que existe con la instalación de una central hidroeléctrica.

Los tipos de impacto ambiental que se van a tener en cuenta son tres: El impacto sónico, impacto paisajista e impacto biológico. Han de tenerse en cuenta tanto en la fase de ejecución de las obras como en la fase de operación.

## 8.2. Base legal

Nuestro país no establece un marco normativo específico para la utilización de energías renovables, sin embargo, se promueve la utilización de estas a través de algunos proyectos. Las normas que tratan el uso del agua y la instalación de un equipo hidráulico, en su mayoría van dirigidas a empresas grandes como son las centrales hidroeléctricas, sin embargo, no prohíben la instalación de microcentrales, siempre y cuando, promuevan el desarrollo de la población y no vulneren el ecosistema donde se plantee ubicar. A continuación, se presentan algunas de estas leyes dictadas por el Congreso:

Ley N°29338 Ley de Recursos Hídricos, la que tiene como finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, tanto la intervención del Estado y de los particulares. Los artículos a resaltar en son:

El Art.53ª Otorgamiento y licencia de Uso, el cual establece que, para otorgarse el uso del agua, debe cumplirse con lo siguiente (El Congreso de la República, 2017, pág. 18):

- Debe existir la disponibilidad del agua solicitada y que ésta sea apropiada en calidad, cantidad y oportunidad para el uso al que se destine.
- La fuente de agua a la que se contrae la solicitud tenga un volumen de agua disponible que asegure los caudales ecológicos, los niveles mínimos de reservas o seguridad de almacenamiento y las condiciones de navegabilidad, cuando corresponda y según el régimen hidrológico.
- Que no ponga en riesgo la salud pública y el medio ambiente.
- Que no se afecte derechos de terceros.
- Que guarde relación con el plan de gestión del agua de la cuenca.
- Que el interesado presente el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- Que hayan sido aprobadas las servidumbres, así como las obras de captación, alumbramiento, producción o regeneración, conducción, utilización, avenamiento, medición y las demás que fuesen necesarias.



El Artículo 56<sup>a</sup> establece que uno de los derechos que se les confiere con la licencia de uso del agua es que estos puedan realizar estudios, obras e instalaciones hidráulicas para ejercitar su derecho de uso.

Con respecto a la aprobación de obras de instalación de una infraestructura hidráulica, la misma ley en su Artículo 104<sup>a</sup> señala que, “la Autoridad Nacional, en concordancia con el Consejo de Cuenca, aprueba la ejecución de obras de infraestructura pública o privada que se proyecten en los cauces y cuerpos de agua naturales y artificiales, así como en los bienes asociados al agua correspondiente. En el caso de grandes obras hidráulicas y de trasvase entre cuencas, la Autoridad Nacional aprueba su ejecución. La aprobación está sujeta a la presentación de la certificación ambiental de la autoridad competente, según corresponda” (El Congreso de la República, 2017, pág. 33).

Sobre la participación del sector privado en la infraestructura hidráulica en su Artículo 105<sup>a</sup> establece que “el Estado promueve la participación del sector privado en la construcción y mejoramiento de la infraestructura hidráulica, así como en la prestación de los servicios de operación y mantenimiento de la misma. En la ejecución de proyectos de infraestructura hidráulica en tierras de las comunidades campesinas y comunidades nativas, el Estado establece el mecanismo para hacerlas partícipes de los beneficios una vez que opere el proyecto” (El Congreso de la República, 2017, pág. 33).

Ley N°27345 Ley de promoción del uso eficiente de la energía, tiene como objetivo asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de la energía eléctrica, mediante la promoción del uso eficiente de esta.

Según lo establece la ley, la autoridad competente del Estado para la promoción del uso eficiente de la energía es el Ministerio de Energía y Minas, la cual posee la atribución de promover la constitución de empresas de servicios energéticos (EMSES), así como la

asistencia técnica a instituciones públicas y privadas, y la concertación con organizaciones de consumidores y entidades empresariales.

### 8.3. Metodología

La metodología a utilizar para el Estudio de Impacto ambiental del siguiente proyecto, será la aplicación de la Matriz de Evaluación de Impacto ambiental y la Matriz de significancia.

### 8.4. Caracterización del ambiente

Para determinar el impacto que se producirá en el medio ambiente, se aplica la matriz de significancia:

**Tabla 40. Matriz de Significancia**

Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Etapa del Proyecto	
		Construcción	Operación
MEDIO FÍSICO			
Fisiografía	Alteración del relieve local	Negativo Bajo	No aplica
Paisaje	Alteración de la calidad visual del paisaje	Negativo Bajo	No aplica
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado	Negativo Bajo	No aplica
	Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas	Negativo Bajo	No aplica
Ruido	Incremento de los niveles de ruido	Negativo Bajo	No aplica
Vibraciones	incremento de vibraciones	Negativo Bajo	No aplica

Agua superficial	Alteración de la calidad del agua por incremento de sedimentos	Negativo Bajo	No aplica
Agua Subterránea	Cambio en el caudal de los cursos de agua	No aplica	No aplica
Suelo	Erosión de suelo	Bajo	No aplica
	Cambio de uso del suelo	Negativo Bajo	No aplica
<b>MEDIO BIOLÓGICO</b>			
Flora terrestre	Pérdida de cobertura vegetal	Negativo Medio	No aplica
	Alteración de la flora por presencia de material particular	Negativo Bajo	No aplica
	fragmentación de hábitat	Negativo Medio	No aplica
	recuperación de cobertura vegetal	No aplica	No aplica
Fauna terrestre	Perturbación de la fauna silvestre	No aplica	No aplica
	Pérdida de la fauna silvestre	No aplica	No aplica
	Pérdida de hábitat para la fauna silvestre	No aplica	No aplica
Hidrobiología	Alteración de las comunidades de flora y fauna acuática	No aplica	No aplica
	Pérdida de hábitat acuático	No aplica	No aplica
<b>MEDIO SOCIAL</b>			
Economía	Oportunidad de generación de empleo local	Positivo Medio	Positivo Medio
	Incremento de ingreso familiar	Positivo Medio	Positivo Medio
	Contribución del presupuesto público	Positivo Bajo	Positivo Bajo
Social	Cambio en el uso de la tierra	No aplica	No aplica
	Cambio en las actividades económicas	No aplica	No aplica

	Cambio en los hábitos y costumbres de la población local	No aplica	No aplica
	Cambios en la forma de organización social	No aplica	No aplica
	Saturación de los Servicios Públicos	No aplica	No aplica
Percepciones	Temores de contaminación ambiental	No aplica	No aplica
	Expectativas de mayor Inversión social	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

## 8.5. Identificación y evaluación de impactos

### 8.5.1. Identificación de impactos

El proyecto presentado no tendrá efectos negativos en el ambiente, puesto que, el recurso a utilizar es el agua para que este tipo de equipos funcione. Además de que su infraestructura e instalación no perjudican a los componentes del ecosistema, como son la flora y fauna, tampoco perjudican la salud o el bienestar de la población, por el contrario, este proyecto plantea un beneficio a bajo costo para la población.

El impacto que se producirá con este proyecto, es positivo, porque pretende ayudar a la población, y no solamente a las personas que conforman el Staff Achoma, sino busca promover la instalación de estas turbinas Hidrocinéticas, que aprovechan los ríos o caudales cercanos a una población que carece de energía eléctrica, ya sea por su ubicación y dificultad de acceso.

Para identificar el impacto ambiental del proyecto, será necesario diferenciar las etapas del proyecto y sus actividades en cada etapa.

- Impacto durante la fase de ejecución de las obras de instalación:

ETAPA	CONSECUENCIA
<b>Variación en el ecosistema (creación de zanjas, variación en la vegetación)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No existirá una variación en la vegetación, puesto que, el canal donde se pretende instalar las turbinas, es un flujo de agua por donde no circulan peces o algún tipo de especie similar.</li> <li>Tampoco será necesario que se cree otra zanja o anexo del canal, puesto que las características y el tipo de caudal no lo requieren.</li> </ul>
<b>Variación en el terreno</b>	No habrá una construcción o ampliación de camino en esta etapa, porque la instalación de este tipo de turbina se hará sobre el canal y sólo será necesario la colocación de un armazón en la zona donde irá la turbina.
<b>Ruido y emisiones producidas</b>	Los ruidos producidos por la maquinaria que se vaya a utilizar para la instalación producirán ruido que tendrá un efecto temporal y es algo inevitable. Una buena planificación nos ayudará a que los ruidos emitidos, sean mínimos.

- Impacto durante la fase de explotación de la central

Tipo de Impacto	Aspectos a tener en cuenta
Desde el punto de vista del Impacto Sónico	Los componentes instalados, como la turbina, alternador y el transformador.
Desde el punto de vista Paisajista	El lugar de la instalación de la turbina y el tramo de línea aérea de conexión a la red.
Desde el punto biológico	Los aspectos a tener en cuenta respecto al caudal, es su fauna acuática y la avifauna

### 8.5.2. Evaluación de impactos

El impacto ambiental producido por la instalación de una turbina hidrocínética es positivo, puesto que, con su instalación se produce energía eléctrica renovable y cuya producción no contamina la atmósfera y no altera gravemente el ambiente. Además, conllevar un impacto económico positivo para los grupos que se verán beneficiadas.

En este caso no se aplicará la matriz Leopold, porque no se trata de una gran construcción, que además vaya acarrear una gran modificación al ecosistema.

## **a. Descripción de impacto ambiental potencial**

- **Durante la etapa de Instalación**

### Identificación de impactos positivos:

Generación de empleo: esta demanda se producirá para la instalación de las turbinas en el caudal, así como también será necesario contratar a un personal para que se encargue del mantenimiento y vigilancia de dichos equipos.

El tiempo de instalación es menor, puesto que a comparación de una central Hidroeléctrica que se construye de un plazo de 6 a 8 años, la instalación de una turbina se realiza en unos cuantos días.

Con lo que respecta a la modificación del ambiente, la fauna no se verá afectada porque en dicho caudal no circulan ninguna especie de pez y si se diera el caso, los alabes no podrían producirle algún daño. La flora, por su parte, no sufrirá de ninguna modificación puesto que no se realizará ninguna modificación o alteración a la tierra.

### Identificación de Impactos negativos:

En el aire: Se presentará una breve alteración de la calidad del aire por emisión de materia particulado, gases y ruidos, al momento de instalar el equipo y su armazón.

En el paisaje: Alteración del paisaje de la zona, por la presencia de diversos materiales, equipos, maquinarias, vehículos, entre otros, en el área de trabajo. Sin embargo, cabe señalar que el área en la que se trabajará será cercada, por lo cual el impacto será en menor magnitud.

En la salud y seguridad: Riesgo de afectación de la salud y seguridad del personal de obra y población. Podría generarse afectaciones en la salud del personal de obra sino se adoptan las medidas de protección y la correcta utilización de sus EPPS. En el caso de la población se vería afectada por el levantamiento de polvo lo cual se puede minimizar con la humectación de la tierra. Por otro lado, la tenemos al ruido. Este impacto es moderado.

- **Durante la Etapa de Operación**

Identificación de Impactos positivos:

Generación de energía eléctrica a bajo costo y con mayor rendimiento. Con la Implementación de turbinas de acuerdo a la demanda existente, se logrará cubrir las deficiencias en el servicio que los miembros del Staff Achoma vienen pasando, puesto que, por su ubicación, el corte de luz es constante o la potencia es baja, sobre todo en horas punta.

El manejo de estas turbinas no requiere del uso de ningún tipo de combustible y sólo se aprovecha el flujo de las fuentes de agua y sus características. Esto incentiva a que se utilice con mayor frecuencia este tipo de equipos. Reduciendo así el uso de contaminantes como la gasolina, el petróleo o el carbón.

Identificación de Impactos negativos:

Durante la operación de la Turbina Hidrocinética, no se producirá ningún tipo de daño negativo tanto al ambiente como a la población que habita el lugar.

**b. Diferencias del tipo de impacto de una central hidroeléctrica con la instalación de una turbina hidroeléctrica**

A pesar de que las centrales hidroeléctricas hagan uso de una energía renovable, y dentro de su concepto se plantee que estas funcionan con la potencia del agua, sin hacer uso de algún combustible, carbón y que durante su operación no generan desechos tóxicos o

sustancias contaminantes, estas sí producen un impacto en el ambiente y los diversos ecosistemas donde esta se establece.

Desde la construcción, en lo que respecta la morfología del suelo, se plantea la inundación de extensas zonas, para las presas y embalses, sumado a esto, también se suelen modificar el caudal de los ríos y arroyos, así como la cantidad de agua que circula en ellos.

Estas modificaciones, generan impactos en el clima, en la flora, fauna y suelo del lugar, así como la población de la zona. El daño podría ser mayor si la planeación no es adecuada, puesto que, se ha visto que en algunos casos las presas presentan errores de construcción, que se evidencian, especialmente, cuando suceden algún tipo de desastre natural, como terremotos, tormentas o ciclones.

El manejo del agua y su acumulación en represas, puede resultar en cambios de la calidad y cantidad de agua, varia la cantidad de oxígeno, lo que podría afectar a la fauna terrestre y acuática de la zona.

**Tabla 41. Impacto ambiental**

<b>Centrales Hidroeléctricas</b>	<b>Turbinas Hidroeléctricas de Ríos o caudales</b>
Alteración de los ecosistemas terrestres y de la biodiversidad.	Una pequeña modificación en el caudal de agua, sin afectar la biodiversidad.
Alteración de los ecosistemas acuáticos y biodiversidad (impacto en la pesca).	No existe una alteración de los ecosistemas acuáticos, las especies marinas pueden circular libremente.
Cambio en el régimen del río, alteración de ciclos naturales de crecidas.	No se presenta un cambio en el régimen del río, puesto que no es necesario la construcción de una represa.
Alteración de paisaje.	No se altera el paisaje o el ecosistema.
Impactos socioeconómicos y arqueológicos.	Se presenta un impacto socioeconómico positivo.

**Fuente:** Elaboración propia.



### **c. Emisiones de gases efecto invernadero**

La utilización de la energía hidráulica no es un suceso moderno, desde ya hace muchos años es empleada para diversas actividades, desde moler harina hasta mover algún tipo de herramienta. Recien en el siglo XIX es que esta es empleada para la generación de energía eléctrica.

El uso de nuevas fuentes generadoras de energía eléctrica consideradas amigables con el medio ambiente, son las que en los últimos años se han ido impulsando en el Perú. Se han ido impulsando estos usos con la finalidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Según un estudio realizado por el Ministerio de Energía y Minas (2020, pág.30), se estima que para el 2025 la cantidad de emisiones de Gases efecto invernadero, generadas por el consumo final estarían ente los 81 mil y 92 mil Giga gramos de Dioxido de Carbono equivalente (Gg de CO<sub>2</sub> eq), valores que han sido considerablemente menores a lo que habría resultado de no haberse aplicado medidas de eficiencia energética, se estima que ha habido una reducción de 15% y 10%.

Se considera que para los próximos años las medidas que buscan la reducción de gases de efecto invernadero se intensificaran y se espera incorporar las siguientes medidas:

- Intensificar la exploración de recursos energéticos y el desarrollo de infraestructuras de producción y transporte de energía eléctrica, todo ello será posible con un incremento en la inversión.
- Procurar el buen uso de la energía, tanto de forma general, como de forma particular.
- Aumento de la capacidad en el sector industrial, residencial y el transporte vehicular.

Se habla de incrementar la eficiencia energética, como medida de reducción del consumo de aquellos métodos que afectan al medio ambiente, como es el consumo de Diésel en el sector de transporte Público.

Si bien se señala que la energía hidráulica beneficia al ambiente, porque ayuda a minimizar el uso de otras fuentes creadoras de electricidad que dañan el ambiente. Las fuentes que requieren de un embalse, si contribuyen con la emisión de gases de efecto invernadero, según algunos investigadores, a nivel mundial, los embalses contribuyen con un 1.3 % de las emisiones, que facilmente puede ser comparado con las emisiones que producen los sembríos de arroz (Salisbury, 2017).

Actualmente, estas no son consideradas dentro de la evaluación de emisiones de efecto invernadero realizadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC ONU), pero debería ser considerada. Se apoya los proyectos pequeños de turbinas generadoras de energía hidrocínética, porque no requiere de embalses y no requieren de grandes modificaciones al ambiente, como sí es necesario para la construcción de una central hidroeléctrica,

## CONCLUSIONES

Primera conclusión: El staff Achoma es una institución ubicada en el distrito Achoma que envuelve al complejo Autocolca que brinda alojamientos y servicio de uso de sala de eventos; y, a la Escuela Taller Colca que es un CETPRO para albergar a 60 estudiantes y 15 personas de personal administrativo y docente. Todo el staff abarca un área de 92, 970.44 m<sup>2</sup> y hacen uso de 65 mil kWh al año para sus distintas actividades. El canal donde se plantea instalar la turbina tiene 1.5 metros de profundidad y 1.8 de ancho, está libre de flora y fauna, y el agua que fluye por él, tiene una velocidad de 1.15 a 0.90 m/s

Segunda conclusión: las turbinas tienen sus propios requerimientos, sin embargo, todos coinciden en que se requiere un desnivel de agua considerable para que el cambio de velocidad rote la turbina y el generador pueda obtener la energía cinética transformada en energía eléctrica. La turbina que más se adapta para las necesidades de la demanda de energía del staff y a las condiciones del canal objeto de estudio, es una turbina diseñada por Turbulent, una empresa que promueve el uso de la energía cinética de los ríos y canales para la obtención de energía eléctrica en lugares alejados de las ciudades. Requerimientos adicionales de la turbina se identificaron, una construcción civil para el desvío del flujo del canal por donde pasará el agua y llegará a la turbina para desembocar de nuevo en el canal, también se requiere un transformador y un tablero de control.

Tercera conclusión: Para complementar el funcionamiento técnico de la turbina, se establece el requerimiento de personal que se encargue del mantenimiento y revisión del estado de la turbina, este nuevo personal será por contrato de medio tiempo y sus principales funciones son de revisar que la turbina no tenga escombros u otros objetos que dificulten su funcionamiento.

Cuarta conclusión: la propuesta es económicamente rentable ya que le permite al staff reducir costos mensuales al staff de S/2,500.00 a S/2,192.50 por la energía eléctrica que requiere, esto solo los primeros 20 años, porque luego de ello, habiendo logrado el pago con intereses de la inversión inicial, el costo mensual se reduce a S/934.66. De lejos es una opción muy viable económicamente. Esto significaría un ahorro de 2,309.96 soles anuales por 20 años y un ahorro de S/12,784 soles anuales por otros 10 años más, hasta que termine la vida útil de la turbina que son 30 años. Además, se halla un VAN de S/933,162.64 y una TIR de 195%.

Quinta conclusión: sobre el impacto ambiental, esta propuesta tiene un impacto positivo para el medio ambiente, porque se reemplaza el uso de combustibles fósiles no sustentables para la producción de energía eléctrica, además que genera nuevas oportunidades para poblaciones aledañas, quienes pueden repetir la propuesta para mejorar su calidad de vida

## RECOMENDACIONES

Primera recomendación: para el staff Achoma se recomienda el uso de iluminadores con menos carga potencial que consuman menos la energía, ya sea proporcionada por la empresa SEAL o por medio de la turbina instalada al taller

Segunda recomendación: este tipo de investigación ayuda a planificar el desarrollo de los lugares más recónditos del país, y por tanto se exhorta a la comunidad profesional que trabaje en temas similares, para lograr dos objetivos importantes para el mundo y el país, la disminución de gases invernadero por la utilización de combustibles fósiles para crear energía eléctrica y lograr un impulso para el desarrollo de comunidades andinas alejadas de las ciudades que sufren diferentes circunstancias, como la falta de electricidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, J. C. (2011). *Diseño de una turbina hidráulica basada en el tornillo de Arquímedes*. Universidad de El Salvador, Ciudad universitaria. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1788/1/DISE%C3%91O\\_DE\\_UNA\\_TURBINA\\_HIDR%C3%81ULICA\\_BASADA\\_EN\\_EL\\_TORNILLO\\_DE\\_ARQU%C3%8DMEDES.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1788/1/DISE%C3%91O_DE_UNA_TURBINA_HIDR%C3%81ULICA_BASADA_EN_EL_TORNILLO_DE_ARQU%C3%8DMEDES.pdf)
- Ballén, J. A., Galarza, M., & Ortiz, R. O. (2006). *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia*. Universidad nacional de Colombia.
- Carrillo, O. U. (2009). *Solución a la carencia de energía eléctrica que posee el fundo los Chilcos, comuna de La Unión, mediante una microcentral hidroeléctrica*. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Criollo, X. L. (2011). *Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca*. Universidad politecnica salesiana, sede Cuenca, Cuenca.
- Eisenring, M. (1991). *Micro Pelton Turbines*. Niederuzwil: SKAT, Swiss Center for Appropriate.
- El Congreso de la República. (04 de 2017). Ley de Recursos Hídricos. *LEY N° 29338*. Perú.
- Encinas, M. P. (1975). *Turbomáquinas Hidráulicas*. México: Limusa.
- García, A. B. (2017). *Modelo de picoturbina Pelton para generación de energía eléctrica en zonas rurales*. Universidad Nacional del centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3934/Garcia%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil, L. O. (2017). *Diseño de un módulo de simulación de generación hidroeléctrico utilizando turbinas Pelton y Francis abastecidas por un sistema de recirculación*. Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Obtenido de

- [http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1131/1/TL\\_GilBancallanLuisOrlando.pdf.pdf](http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1131/1/TL_GilBancallanLuisOrlando.pdf.pdf)
- Guerra, Y. O. (2020). *Diseño Mecánico de una Turbina Hidrocinética para generación de Electricidad en ríos Amazónicos*. Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú.
- Gunt Hamburg. (2020). *Gunt Hamburg*. Obtenido de <https://www.gunt.de/es/productos/maquinas-fluidomecanicas/turbomaquinas/turbinas-hidraulicas/ensayos-en-una-turbina-axial/070.28700/hm287/glct-1:pa-150:ca-756:pr-846>
- López, J. L. (2010). *Elaboración e implementación de un software para el diseño de turbina axial tipo bulbo de hasta 10MW*. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1678/1/15T00441.pdf>
- Maldonado, F. (2005). *Diseño de un turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán -Región Loreto*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Martínez, J. (2019). *Estudio de viabilidad sobre la instalación de picoturbinas hidrocinéticas en canales abiertos del sistema de riego de la Huerta de Murcia*. Universidad politécnica de Cartagena.
- Mayco, R. J. (2014). *Optimización de los factores de operación para mejorar*. Universidad nacional del centro del Perú.
- Mendoza, P. Y. (2017). *Diseño de Generador Hidroelectrico portable para Zonas Rurales*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9466/MENDOZA\\_PAUL\\_GENERADOR\\_HIDROELCTRICO\\_PORTABLE\\_RURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9466/MENDOZA_PAUL_GENERADOR_HIDROELCTRICO_PORTABLE_RURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Orozco, G. (2011). *Diseño y construcción de un prototipo de turbina para generación de energía eléctrica en una microplanta*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17460/1/Diseno%20y%20construcci>

on%20de%20un%20prototipo%20de%20turbina%20para%20generacion%20de%20energía.pdf

- Palma, D., & Peña, C. D. (2018). *Diseño de una turbina tipo kaplan para la generación de energía hidráulica*. Universida católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22838/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20DISE%20C3%91O%20DE%20TURBINA%20KAPLAN.pdf>
- Pura C, R. (2004). *Breve historia de la electricidad*.
- Rivera, J. L. (29 de febrero de 2012). *WordPress*. Obtenido de <https://faeitch2012.wordpress.com/2012/02/29/turbinas-francis/>
- Rodriguez, L. (2018). *Diseño, construcción y optimización de turbinas hidrocinéticas de ríos y canales para generación de energía eléctrica*. Arequipa: UNSA.
- Roldan, J. (2013). *Energías renovables*. España: Ediciones Novel.
- Sánchez, C. (2016). *Turbinas hidrocinéticas una alternativa para generación eléctrica. desarrollo tecnológico e innovación empresarial*.
- Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. (2017). *II Foro Nacional Modernización del Servicio Público de Electricidad*. Arequipa, Perú.
- Suescùn Monsalve, I. (2018). *Turbinas Hidráulicas*. En I. Suescùn Monsalve, *Obras Civiles de las Centrales Hidráulicas*.
- Ventura, D. K. (2018). *Diseño de una turbina hidrocinética sumergible para la generación de energía eléctrica en el caserío Pampa Bernilla, distrito de Salas, provincia Lambayeque*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4874/Ventura%20Falla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





## ANEXOS

**ANEXO 1. IMÁGENES REFERENCIALES DE LA ESTRUCTURA DE LA  
TURBINA**





## ANEXO 2. GUÍA DE ENTREVISTA AL RESPONSABLE DEL STAFF

### Entrevista dirigida al responsable del Staff Achoma

<b>TEMA: INSTALACIÓN DE UNA TURBINA HIDROKINÉTICA EN EL STAFF ACHOMA</b>
<b>FECHA:</b> 16 de Julio del 2020
<b>NOMBRE DEL ENTREVISTADO:</b> Lic. Econ. Larry Rabanal Barrionuevo
<b>EMPRESA O COMUNIDAD:</b> Autocolca
<b>OBJETIVO:</b> Conocer el panorama actual de los servicios de energía eléctrica en la zona del staff Achoma.
<b>1. ¿Cuál es el cargo que ocupa actualmente en el Staff Achoma?</b>
Personal administrativo de Autocolca responsable del Staff Achoma- Director de la Escuela Taller Colca. Responsable de la ejecución de Obras dentro del Staff.
<b>2. ¿A qué se dedica el Staff Achoma?</b>
<p>Es un conglomerado de empresas, asociadas conformado por las Instalaciones de Autocolca sede Achoma y Escuela Taller Colca:</p> <p>La parte que corresponde a AUTOCOLCA se encarga de Administrar alojamiento y servicio de uso de sala de eventos de uso múltiple a instituciones que requieren alojamiento para un promedio de 92 personas distribuidas en 14 bungalows que albergan 4 personas cada una (56) y un hotel de 36 habitaciones.</p> <p>La Escuela Taller Colca es un CETPRO Centro Educativo técnico productivo superior que ofrece 05 especialidades: Cocina, Servicios bar y atención y hoteles, carpintería restaurativa, albañilería y cantería e intervenciones Arqueológicas. Su capacidad instalada alberga hasta 60 estudiantes y 15 personas entre personal directivo, administrativo y docente.</p>

<b>3. ¿Qué empresas o instituciones conforman el Staff Achoma?</b>
Autocolca y Escuela Taller Colca.
<b>4. ¿Cuántos ambientes conforman la Escuela Taller?</b> 40 bungalos con baño privado c/u 07 aulas académicas 03 ambientes administrativos 02 baños 02 cocinas con baño c/u 02 talleres de 3 ambientes c/u
<b>5. ¿Cuántas personas atiende la Escuela Taller?</b>
15 personas a nivel administrativo y docente
<b>6. ¿Se brinda alojamiento para los estudiantes y personal de la Escuela Taller?</b>
Si a 45 alumnos y 15 docentes
<b>7. ¿Cuál es el horario de los talleres que se brindan?</b>
16 horas a la semana (2 días de cada semana x 08 horas)
<b>8. ¿Cuáles son los talleres que brinda la Escuela Taller?</b>
Carpintería restaurativa, albañilería y cantería
<b>9. ¿Qué servicios brinda Autocolca?</b>
Hospedaje y servicio de uso de salón múltiple
<b>10. ¿Cuántos ambientes conforman Autocolca?</b>
14 bungalos con baño c/u 01 hotel de 36 habitaciones con baño c/u

<b>11. ¿A cuántas personas atiende Autocolca?</b>
Capacidad instalada 92 personas
<b>12. ¿Cuánta es la inversión que hacen para el pago del suministro de energía eléctrica de cada empresa al mes?</b>
Total mes S/2,500.00 (Dos mil con 00/100 soles)
<b>13. ¿Cómo se realiza el pago de los recibos de ambas empresas?</b>
Lo asume Autocolca dentro de su presupuesto anual

### ANEXO 3. ENTREVISTA DIRIGIDA AL ARQUITECTO DEL STAFF

TEMA: INSTALACIÓN DE UNA TURBINA HIDROKINÉTICA EN EL STAFF ACHOMA
FECHA: 19/07/2020
NOMBRE DEL ENTREVISTADO: VLADIMIR AGUILES CHECA COAQUIRA
CARGO: ARQUITECTO
EMPRESA O COMUNIDAD: AUTOCOLCA
OBJETIVO: Conocer el panorama actual de los servicios de energía eléctrica en la zona del staff Achoma.
1. ¿Cuál es el cargo que ocupa en el Staff Achoma?
<i>Arquitecto coordinador de talleres y obras</i>
2. ¿Cuál es la condición actual de fluido eléctrico de ambas empresas?
<i>Regular ya que a veces se tiene unas altas y bajas tensiones por el uso frecuente o en paralelo de las máquinas de los talleres, sumado a las máquinas de oficinas y el laboratorio que se ven afectadas por este problema.</i>
3. ¿Qué tipo de instalación eléctrica poseen?
<i>Tenemos una instalación aérea con un solo medidor para todo el Staff Achoma con un área de 92 970.44 m<sup>2</sup></i>
4. ¿Hacen uso de bombillas o aparatos que ahorren energía?
<i>No tenemos bombillas ahorradores ni bombillas leds o ningún aparato que ayude a ese propósito. Tampoco contamos con una instalación de energía solar fotovoltaica.</i>

5. ¿Cuáles son los equipos que requieren energía eléctrica dentro de su establecimiento?	<i>El Staff Achoma posee alumbrado público, pero se encuentra en deterioro y algunas no funcionan, este alumbrado actual es casi nula no cumpliendo su función</i>
6. ¿Cuántos kW son necesarios mensualmente para el abastecimiento total de ambas empresas?	<i>Todo el Staff Achoma tiene un área de 92 970.44 m<sup>2</sup> y la Escuela Taller Colca un área de 47803.49 m<sup>2</sup> y dada su capacidad de espacio, 65.000 kWh.</i>
7. ¿Cada cuánto presentan una baja en la tensión eléctrica?	<i>Un aproximado de dos veces al año y esta baja tensión en su totalidad le ocurre a todo el staff Achoma.</i>
8. ¿El consumo de energía eléctrica es constante?	<i>Se utiliza más en el periodo académico de la Escuela Taller Colca, pero también es de todo el año que Autodema da uso aun aproximado de 04 bungalós y en ocasiones se hace uso del hotel y del salón de convenciones por parte de Autocolca.</i>
9. ¿Pretenden a futuro ampliar su consumo de energía eléctrica?	<i>Eefectivamente, se ampliara por razones de una mejora de un plan de alumbrado público que tendrán las áreas verdes, que se intervendrán, tanto en la Escuela Taller Colca como en su conjunto Staff Achoma, junto con ello la mejora del hotel actualmente a cargo de Autocolca.</i>
10. ¿cree usted que la zona cuente con las condiciones físicas requeridas para la instalación de una turbina?	<i>Es oportuno el aprovechamiento pronunciadas de las pendientes que favorecen las caídas de agua</i>
11. ¿Cuáles son las dimensiones del caudal del canal de agua cercano al Staff Achoma? (ancho, altura)	<i>Desconozco las dimensiones del caudal, sin embrago la captación de agua se encuentra a un aproximado de 250 metros con respecto al tanque de agua potable que abastece al Staff Achoma. Y que además llega con bastante presión.</i>
12. ¿Suele presentarse algún tipo de desborde de agua en el canal en épocas de lluvia?	



<i>No se ha presentado ningún tipo de desborde considerando las temporadas de precipitaciones de lluvia que comienzan con mayor fuerza los meses de diciembre hasta marzo.</i>	
13. ¿Existe algún tipo de fauna o vegetación que viva en el caudal?	
<i>Por haber un caudal si presenta micro climas por ende algunas especies, pero muy lejos de ser humedales, es decir un mínimo de fauna y vegetación.</i>	
14. ¿Cree usted que es necesaria la instalación de algún equipo para generar energía?	
<i>Muy necesario para el aprovechamiento del uso racional del agua.</i>	

#### ANEXO 4. CRONOGRAMA SIMULADO

Préstamo		88,358.60			
			TEM	1.81%	
			Periodos	240	
			TEA	24.03%	
			Cuota	<b>-S/1,621.17</b>	
Periodo	Principal	Interés	Amortización	Pago	
0	88,358.60			S/1,621.17	
1	S/88,336.72	1599.29	S/21.88	S/1,621.17	
2	S/88,314.44	1598.89	S/22.28	S/1,621.17	
3	S/88,291.75	1598.49	S/22.68	S/1,621.17	
4	S/88,268.66	1598.08	S/23.09	S/1,621.17	
5	S/88,245.15	1597.66	S/23.51	S/1,621.17	
6	S/88,221.21	1597.24	S/23.94	S/1,621.17	
7	S/88,196.84	1596.80	S/24.37	S/1,621.17	
8	S/88,172.03	1596.36	S/24.81	S/1,621.17	
9	S/88,146.77	1595.91	S/25.26	S/1,621.17	
10	S/88,121.05	1595.46	S/25.72	S/1,621.17	
11	S/88,094.86	1594.99	S/26.18	S/1,621.17	
12	S/88,068.21	1594.52	S/26.66	S/1,621.17	
13	S/88,041.07	1594.03	S/27.14	S/1,621.17	
14	S/88,013.44	1593.54	S/27.63	S/1,621.17	
15	S/87,985.30	1593.04	S/28.13	S/1,621.17	
16	S/87,956.66	1592.53	S/28.64	S/1,621.17	
17	S/87,927.51	1592.02	S/29.16	S/1,621.17	
18	S/87,897.82	1591.49	S/29.69	S/1,621.17	
19	S/87,867.59	1590.95	S/30.22	S/1,621.17	
20	S/87,836.82	1590.40	S/30.77	S/1,621.17	
21	S/87,805.50	1589.85	S/31.33	S/1,621.17	
22	S/87,773.60	1589.28	S/31.90	S/1,621.17	
23	S/87,741.13	1588.70	S/32.47	S/1,621.17	
24	S/87,708.07	1588.11	S/33.06	S/1,621.17	
25	S/87,674.41	1587.52	S/33.66	S/1,621.17	
26	S/87,640.14	1586.91	S/34.27	S/1,621.17	
27	S/87,605.25	1586.29	S/34.89	S/1,621.17	
28	S/87,569.73	1585.66	S/35.52	S/1,621.17	

29	S/87,533.57	1585.01	S/36.16	S/1,621.17
30	S/87,496.75	1584.36	S/36.82	S/1,621.17
...	....	....	...	...
240	0	28.82	S/1,592.35	S/1,621.17



*Anexo 5. Instalaciones del Staff Achoma*









